

MANUAL DE SELEÇÃO EXIGENCIAL DE MATERIAIS DE ISOLAMENTO TÉRMICO

ANA SOFIA GONÇALVES DE CASTRO

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor Vasco Manuel Araújo Peixoto de Freitas

JUNHO DE 2017

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2016/2017

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2016/2017 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2017*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus Pais, ao meu Irmão e ao João

AGRADECIMENTOS

A presente dissertação encerra um capítulo importante da minha vida. Gostaria, por isso de agradecer a todos os que me acompanharam durante a sua realização.

Ao Professor Vasco Freitas pela orientação e apoio prestado durante a realização desta dissertação, transmitindo todos os seus conhecimentos e motivação para que conseguisse atingir os objetivos propostos.

Ao Professor Miguel Gonçalves pela disponibilidade e ajuda prestada no desenvolvimento desta dissertação no que diz respeito à Segurança Contra Incêndios.

Aos meus Pais pela educação e oportunidades que sempre me deram durante todos estes anos. A motivação e confiança que me transmitiram, particularmente ao longo deste semestre, ajudaram-me a superar todas as dificuldades e foram determinantes na conclusão desta dissertação.

Ao meu Irmão pela forma descomplicada com que me aconselha a olhar para os problemas, simplificando-os de modo a conseguir alcançar todos os objetivos.

Ao João pelo apoio, incentivo e, principalmente, pela paciência em ouvir todas as minhas preocupações, mostrando-me sempre o lado positivo e encorajando-me a fazer sempre melhor. Agradeço também as estratégias que me mostrou de forma a conseguir organizar, terminar e entregar a minha dissertação nos prazos previstos.

À Rita pela amizade de vários anos e por provar que com trabalho e dedicação tudo é possível.

Ao Tiago Sabença, ao Nuno Monteiro e à Catarina Maia que partilharam as mesmas preocupações ao longo do semestre e me ajudaram a superar todas as adversidades.

A todos os amigos pelos bons momentos passados.

Obrigada a todos!

RESUMO

A necessidade de economizar energia e o consequente aumento das exigências de conforto térmico estabelecidas na regulamentação conduziram a um desenvolvimento considerável da utilização de materiais de isolamento térmico em edifícios. A procura crescente de materiais que melhorassem o desempenho térmico dos edifícios conduziu ao aparecimento de uma vasta gama de novos produtos com diferentes características, o que tornou a escolha de materiais de isolamento térmico cada vez mais difícil e pouco exigente.

A presente dissertação tem por base esta problemática e visa garantir a correta aplicação dos materiais de isolamento nos edifícios. Para isso foi necessário propor um modelo de certificação de materiais de isolamento térmico assim como um manual para a sua seleção exigencial.

O modelo de certificação proposto foi baseado na certificação ACERMI e tem como objetivo conhecer e uniformizar as características dos materiais de modo a tirar o melhor partido destas, oferecendo ao projetista a garantia prévia de que o produto se encontra conforme as normas e possui as características requeridas. A certificação proposta baseia-se nas principais propriedades que condicionam o desempenho do material de isolamento e são definidas através de níveis exigenciais.

O manual de seleção exigencial de materiais de isolamento térmico define-se como um documento que, através de uma simples e rápida consulta, permite obter as instruções necessárias de modo a garantir a correta aplicação do isolamento térmico nos edifícios. Para isso, é necessário que este seja o mais próximo possível da realidade Portuguesa, encontrando-se, por isso, particularmente direcionado para a reabilitação de edifícios, baseado na regulamentação atualmente em vigor e utilizando o modelo de certificação proposto. O manual descreve as soluções correntes da envolvente dos edifícios em Portugal, as exigências a satisfazer pelo material de isolamento em função da solução construtiva e a resistência térmica do material.

O manual proposto fica completamente validado através de três exemplos de aplicação.

PALAVRAS-CHAVE: Isolamento térmico, Certificação, Exigências, Desempenho, Manual.

ABSTRACT

The need to save energy and the consequent increase in thermal comfort requirements laid down in the regulations have led to a considerable development in the use of thermal insulation materials in buildings. The growing demand for materials that improve the thermal performance of buildings has led to the emergence of a wide range of new products with different characteristics, making the choice of thermal insulation materials increasingly difficult and undemanding.

The present dissertation is based on this problem and aims to ensure the correct application of insulation materials in buildings. For this it was necessary to propose a certification model of thermal insulation materials as well as a manual for its demanding selection.

The proposed certification model was based on ACERMI certification and aims to know and standardize the characteristics of the materials in order to get the best of them, offering the designer the prior guarantee that the product meets the standards and has the required characteristics. The proposed certification is based on the main properties that condition the performance of insulation material and are defined through demanding levels.

The manual for the selection of thermal insulation materials is defined as a document that, through a simple and quick consultation, allows obtaining the necessary instructions to ensure the correct application of thermal insulation in buildings. For this, it is necessary that this is as close as possible to the Portuguese reality, and is therefore particularly directed to the rehabilitation of buildings, based on the regulations currently in force and using the proposed certification model. The manual describes the current solutions of the building surrounding in Portugal, the requirements to be met by the insulation material as a function of the constructive solution and the thermal resistance of the material.

The proposed manual is fully validated through three application examples.

KEYWORDS: Thermal insulation, Certification, Requirements, Performance, Manual

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
 1. INTRODUÇÃO	 1
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.2. ÂMBITO E OBJETIVOS	2
1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	2
 2. MATERIAIS DE ISOLAMENTO TÉRMICO	 5
2.1. IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS DE ISOLAMENTO TÉRMICO	5
2.2. CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS DE ISOLAMENTO TÉRMICO	6
2.3. A CONDUTIBILIDADE E RESISTÊNCIA TÉRMICA.....	6
2.4. OS ISOLAMENTOS TÉRMICOS CORRENTEMENTE USADOS EM PORTUGAL	7
2.4.1. LÃ DE ROCHA.....	7
2.4.2. LÃ DE VIDRO	7
2.4.3. POLIESTIRENO EXPANDIDO	8
2.4.4. POLIESTIRENO EXTRUDIDO	8
2.4.5. POLIURETANO	8
2.4.6. AGLOMERADO DE CORTIÇA EXPANDIDA.....	8
2.5. FABRICANTES EM PORTUGAL	9
2.5.1. FICHA-TIPO	10
 3. EXIGÊNCIAS DE ISOLAMENTO TÉRMICO EM PORTUGAL	 13
3.1. A EVOLUÇÃO DA REGULAMENTAÇÃO EM PORTUGAL	13
3.2. AS EXIGÊNCIAS DE ISOLAMENTO TÉRMICO IMPOSTAS PELO REH.....	14
3.2.1. ZONAS CLIMÁTICAS	14
3.2.2. COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAIS MÁXIMOS.....	15
3.2.2.1. Elementos Opacos	15
3.2.2.2. Elementos em Contacto com o Terreno	17

3.3. A EVOLUÇÃO DAS EXIGÊNCIAS DE ISOLAMENTO TÉRMICO EM PORTUGAL	20
3.4. SÍNTESE DO CAPÍTULO	22

4. MODELOS DE CERTIFICAÇÃO DE MATERIAIS DE ISOLAMENTO TÉRMICO

4.1. INTERESSE E CAMPO DE APLICAÇÃO	23
4.2. A CERTIFICAÇÃO ACERMI	23
4.2.1. PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO	24
4.2.2. CARACTERÍSTICAS CERTIFICADAS.....	24
4.2.3. PERFIL DE ADEQUAÇÃO AO USO - ISOLE.....	25
4.2.3.1. Compressibilidade – I	25
4.2.3.2. Estabilidade Dimensional – S	26
4.2.3.3. Comportamento à Água – O	27
4.2.3.4. Comportamento Mecânico – L.....	29
4.2.3.5. Permeabilidade ao Vapor de Água – E.....	29
4.2.4. MARCAÇÃO E ETIQUETAGEM	30
4.3. A CERTIFICAÇÃO AENOR	32
4.3.1. PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO	32
4.3.2. MARCAÇÃO E ETIQUETAGEM	32
4.4. MARCAÇÃO CE	33
4.4.1. PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO	34
4.4.1.1. Avaliação e Verificação da Regularidade do Desempenho	34
4.4.1.2. Código de Avaliação Único.....	35
4.4.1.3. Declaração de Desempenho do Produto.....	35
4.4.2. MARCAÇÃO E ETIQUETAGEM	36
4.4.3. CONDUTIBILIDADE TÉRMICA DECLARADA.....	37
4.5. ANÁLISE COMPARATIVA.....	37
4.6. PROPOSTA DE UM MODELO DE CERTIFICAÇÃO	38
4.6.1. ADAPTAÇÃO DA CERTIFICAÇÃO ACERMI	38
4.6.2. REAÇÃO AO FOGO – F	38
4.6.2.1. Classificação do Desempenho Face ao Fogo de Produtos da Construção.....	38
4.6.2.2. Exigências de Aplicação Definidas na Regulamentação da Segurança Contra Incêndios	40

5. MANUAL DE SELEÇÃO EXIGENCIAL DE MATERIAIS DE ISOLAMENTO TÉRMICO	45
5.1. DEFINIÇÃO	45
5.2. IMPORTÂNCIA DA ELABORAÇÃO DE UM MANUAL DE SELEÇÃO EXIGENCIAL	45
5.3. PROPOSTA DE UM MANUAL DE SELEÇÃO EXIGENCIAL	45
5.3.1. ENQUADRAMENTO	45
5.3.2. ESTRUTURA	46
5.3.3. SOLUÇÕES CORRENTES DA ENVOLVENTE DOS EDIFÍCIOS EM PORTUGAL	46
5.3.3.1. Edifícios Antigos	47
5.3.3.2. Edifícios com Estrutura Porticada de Betão armado	49
5.3.4. EXIGÊNCIAS A SATISFAZER PELO MATERIAL DE ISOLAMENTO TÉRMICO	53
5.3.4.1. Edifícios Antigos	53
5.3.4.2. Edifícios com Estrutura Porticada de Betão armado	56
5.3.5. EXIGÊNCIAS RELATIVAS À PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA	60
5.3.6. EXIGÊNCIAS RELATIVAS À REAÇÃO AO FOGO	67
5.3.6.1. Materiais de Isolamento Térmico	68
5.3.6.2. Componentes	72
5.3.7. NÍVEIS DE QUALIDADE TÉRMICA	81
5.3.8. RESISTÊNCIA TÉRMICA DO MATERIAL DE ISOLAMENTO	81
5.3.8.1. Edifícios Antigos	83
5.3.8.2. Edifícios com Estrutura Porticada de Betão armado	86
6. EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DO MANUAL DE SELEÇÃO EXIGENCIAL PROPOSTO	91
6.1. DESCRIÇÃO DOS EXEMPLOS	91
6.2. EXEMPLO DE APLICAÇÃO 1	91
6.2.1. APRESENTAÇÃO DO EDIFÍCIO	91
6.2.2. APLICAÇÃO DO MANUAL DE SELEÇÃO EXIGENCIAL	91
6.3. EXEMPLO DE APLICAÇÃO 2	94
6.3.1. APRESENTAÇÃO DO EDIFÍCIO	94
6.3.2. APLICAÇÃO DO MANUAL DE SELEÇÃO EXIGENCIAL	95
6.4. EXEMPLO DE APLICAÇÃO 3	98
6.4.1. APRESENTAÇÃO DO EDIFÍCIO	98

6.4.2. APLICAÇÃO DO MANUAL DE SELEÇÃO EXIGENCIAL	98
--	----

7. CONCLUSÕES

105

7.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS	105
---------------------------------	-----

7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	106
-------------------------------------	-----

BIBLIOGRAFIA

107

ANEXOS

109

ANEXO I – ESTRUTURA DA FICHA-TIPO	111
---	-----

ANEXO II – APLICAÇÃO DA FICHA-TIPO PARA O INTERVALO DE ESPESSURAS [25;60] MM	113
--	-----

ANEXO III – APLICAÇÃO DA FICHA-TIPO PARA O INTERVALO DE ESPESSURAS [65;120] MM	115
--	-----

ANEXO IV – APLICAÇÃO DA FICHA-TIPO PARA O INTERVALO DE ESPESSURAS [130;200] MM ...	117
--	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 – Visão geral da estrutura da ficha-tipo	10
Fig. 2 – Zonas climáticas de Inverno e Verão representadas no continente [16]	15
Fig. 3 – Coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o terreno com isolamento contínuo ou sem isolamento, U_{bf} [W/m ² .°C] [18]	17
Fig. 4 – Coeficiente de transmissão térmica de paredes em contacto com o terreno, U_{bw} [W/m ² .°C] [18]	18
Fig. 5 – Evolução dos valores de $U_{máx}$ de paredes, pavimentos e coberturas em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com $b_{tr} > 0,7$ para a zona climática I1	21
Fig. 6 – Evolução dos valores de $U_{máx}$ de paredes e pavimentos em contacto com outros edifícios ou com espaços não úteis com $b_{tr} \leq 0,7$ para a zona climática I1	21
Fig. 7 – Etiqueta informativa da certificação ACERMI [24]	31
Fig. 8 – Etiqueta AENOR [27]	33
Fig. 9 – Marcação “CE”	36
Fig. 10 – Grau de exigência das classificações principais	40
Fig. 11 – Grau de exigência das classificações complementares de produção de fumo	40
Fig. 12 – Grau de exigência das classificações complementares de Libertação de gotas ou partículas inflamadas	40
Fig. 13 – Soluções correntes de paredes em edifícios antigos	47
Fig. 14 – Soluções correntes de pavimentos em edifícios antigos	48
Fig. 15 – Soluções correntes de coberturas em edifícios antigos	49
Fig. 16 – Soluções correntes de paredes em edifícios com estrutura porticada de betão armado	50
Fig. 17 – Soluções correntes de pavimentos em edifícios com estrutura porticada de betão armado	51
Fig. 18 – Soluções correntes de coberturas em edifícios com estrutura porticada de betão armado	52
Fig. 19 – Legenda	53
Fig. 20 – Código de cores associado aos quadros da exigência reação ao fogo (F)	67
Fig. 21 – Organização dos quadros da exigência Reação ao fogo (F)	68
Fig. 22 – Organização dos quadros da exigência Reação ao fogo (F) para coberturas em terraço	79
Fig. 23 – Nível ISOLE_F para a PAR_1 de edifícios com estrutura porticada em betão armado	92
Fig. 24 – Resistência térmica do isolamento para a PAR_1 de edifícios com estrutura porticada em betão armado	93
Fig. 25 – Nível ISOLE_F para a COB_11 de edifícios com estrutura porticada em betão armado	93
Fig. 26 – Resistência térmica do isolamento para a COB_11 de edifício com estrutura porticada de betão armado	94

Fig. 27 – Nível ISOLE_F para a PAR_2 de edifícios com estrutura porticada em betão armado.....	95
Fig. 28 – Resistência térmica do isolamento para a PAR_2 de edifício com estrutura porticada de betão armado	96
Fig. 29 – Nível ISOLE_F para a COB_15 de edifícios com estrutura porticada em betão armado	96
Fig. 30 – Resistência térmica do isolamento para a COB_15 de edifício com estrutura porticada de betão armado	97
Fig. 31 – Nível ISOLE_F para a PAR_5 de edifícios com estrutura porticada em betão armado.....	99
Fig. 32 – Resistência térmica do isolamento para a PAR_5 de edifício com estrutura porticada de betão armado	99
Fig. 33 – Nível ISOLE_F para a PAV_7 de edifícios com estrutura porticada em betão armado.....	100
Fig. 34 – Resistência térmica do isolamento para a PAV_7 de edifício com estrutura porticada de betão armado	101
Fig. 35 – Nível ISOLE_F para a PAV_10 de edifícios com estrutura porticada em betão armado	101
Fig. 36 – Resistência térmica do isolamento para a PAV_10 de edifício com estrutura porticada de betão armado	102
Fig. 37 – Nível ISOLE_F para a PAV_15 de edifícios com estrutura porticada em betão armado	102
Fig. 38 – Resistência térmica do isolamento para a PAV_15 de edifício com estrutura porticada de betão armado	103

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Quadro síntese dos materiais de isolamento correntemente utilizados em Portugal	10
Quadro 2 – Critérios para a determinação da zona climática de Inverno [16].....	14
Quadro 3 – Critérios para a determinação da zona climática de Verão [16]	15
Quadro 4 – Valores de $U_{máx}$ por zona climática de acordo com REH [17]	16
Quadro 5 – Valores dos U_{limite} para elementos em contacto com o terreno	19
Quadro 6 – Evolução dos valores de $U_{máx}$ em função da zona climática ao longo do tempo	20
Quadro 7 – Características certificadas e respetivas especificações técnicas (adaptado de [21]).....	24
Quadro 8 – Níveis ISOLE (adaptado de [22]).....	25
Quadro 9 – Níveis e exigências associados à compressibilidade (I) (adaptado de [22]).....	26
Quadro 10 – Níveis e exigências associados à estabilidade dimensional (S) (adaptado de [22])	26
Quadro 11 – Níveis e exigências associados ao comportamento à água (O) (adaptado de [22]).....	27
Quadro 12 – Níveis e exigências associados ao comportamento mecânico (L) (adaptado de [22])	29
Quadro 13 – Níveis e exigências associados à permeabilidade ao vapor de água (E) (adaptado de [22])	30
Quadro 14 – Sistema de avaliação e verificação da regularidade do desempenho (adaptado de [29])	35
Quadro 15 – Informações que acompanham a marcação CE (adaptado de [29])	36
Quadro 16 – Classificações de reação ao fogo de produtos de construção, excluindo revestimento de pisos (adaptado de [32]).....	39
Quadro 17 – Classificações de Reação ao fogo de revestimentos de piso (adaptado de [32])	39
Quadro 18 – Reação ao fogo de revestimentos exteriores sobre fachadas, caixilharias e estores (adaptado de [33])	41
Quadro 19 – Reação ao fogo de elementos de revestimento exterior criando caixa-de-ar (adaptado de [33])	41
Quadro 20 – Reação ao fogo dos sistemas compósitos para isolamento térmico exterior com revestimento sobre isolante (ETICS) e o material de isolamento (adaptado de [33]).....	41
Quadro 21 – Reação ao fogo do revestimento das coberturas em terraço (adaptado de [33]).....	42
Quadro 22 – Reação ao fogo dos revestimentos de vias de evacuação horizontais (adaptado de [33])	42
Quadro 23 – Reação ao fogo dos revestimentos de vias de evacuação verticais (adaptado de [33])	42
Quadro 24 – Reação ao fogo mínima dos revestimentos de locais de risco A, B, C, D, E e F (adaptado de [33])	43
Quadro 25 – Níveis mínimos ISOLE_F para as soluções correntes de paredes de edifícios antigos ..	54

Quadro 26 – Níveis mínimos ISOLE_F para as soluções correntes de pavimentos de edifícios antigos.....	55
Quadro 27 – Níveis mínimos ISOLE_F para as soluções correntes de coberturas de edifícios antigos.....	56
Quadro 28 – Níveis mínimos ISOLE_F para as soluções correntes de paredes de edifícios com estrutura porticada de betão armado.....	57
Quadro 29 – Níveis mínimos ISOLE_F para as soluções correntes de pavimentos de edifícios com estrutura porticada de betão armado.....	58
Quadro 30 – Níveis mínimos ISOLE_F para as soluções correntes de coberturas de edifícios com estrutura porticada de betão armado.....	59
Quadro 31 – Exigências de compressibilidade dos materiais de isolamento em função da carga a que estão sujeitos (adaptado de [2])	60
Quadro 32 - Regras de conceção para evitar a ocorrência de condensações internas em paredes simples com isolamento térmico pelo exterior com revestimento contínuo sobre o isolamento – Sistema ETICS (adaptado de [31]).....	61
Quadro 33 - Regras de conceção para evitar a ocorrência de condensações internas em paredes simples com isolamento térmico pelo exterior com revestimento independente e espaço de ar ventilado – Fachada ventilada (adaptado de [31]).....	61
Quadro 34 - Regras de conceção para evitar a ocorrência de condensações internas em paredes simples com isolamento térmico pelo interior com revestimento leve (adaptado de [31])	62
Quadro 35 - Regras de conceção para evitar a ocorrência de condensações internas em paredes com duplo paramento com caixa-de-ar total ou parcialmente preenchida com o isolamento térmico (adaptado de [31])	63
Quadro 36 - Regras de conceção para evitar a ocorrência de condensações internas em pavimentos com isolamento térmico sobre a laje (adaptado de [31])	64
Quadro 37 - Regras de conceção para evitar a ocorrência de condensações internas em pavimentos com isolamento térmico sob a laje (adaptado de [31])	64
Quadro 38 - Regras de conceção para evitar a ocorrência de condensações internas em coberturas inclinadas com desvão não útil, fortemente ventilado e com isolamento térmico sobre a laje horizontal (adaptado de [31]).....	65
Quadro 39 - Regras de conceção para evitar a ocorrência de condensações internas em coberturas inclinadas com desvão útil e com isolamento térmico nas vertentes sobre a estrutura resistente (adaptado de [31])	66
Quadro 40 - Regras de conceção para evitar a ocorrência de condensações internas em coberturas horizontais com isolamento térmico pelo exterior – Cobertura tradicional (adaptado de [31])	66
Quadro 41 - Regras de conceção para evitar a ocorrência de condensações internas em coberturas horizontais com isolamento térmico pelo exterior – Cobertura invertida (adaptado de [31])	67
Quadro 42 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo de materiais de isolamento térmico em fachadas em ETICS para edifícios de pequena ou média altura.....	69

Quadro 43 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo de materiais de isolamento térmico em fachadas em ETICS para edifícios com altura superior a 28 m.....	69
Quadro 44 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo de materiais de isolamento térmico em fachadas ventiladas para edifícios de pequena altura.....	70
Quadro 45 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo de materiais de isolamento térmico em fachadas ventiladas para edifícios de média altura.....	71
Quadro 46 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo de materiais de isolamento térmico em fachadas ventiladas para edifícios com altura superior a 28 m.....	71
Quadro 47 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo do sistema completo de fachadas em ETICS para edifícios de pequena altura.....	72
Quadro 48 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo do sistema completo de fachadas em ETICS para edifícios de média altura.....	73
Quadro 49 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo do sistema completo de fachadas em ETICS para edifícios com altura superior a 28 m.....	73
Quadro 50 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo estrutura de suporte do sistema de isolamento e do revestimento da superfície externa e das que confinam o espaço de ar ventilado em fachadas ventiladas para edifícios de pequena altura.....	74
Quadro 51 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo estrutura de suporte do sistema de isolamento e do revestimento da superfície externa e das que confinam o espaço de ar ventilado em fachadas ventiladas para edifícios de média altura.....	75
Quadro 52 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo estrutura de suporte do sistema de isolamento e do revestimento da superfície externa e das que confinam o espaço de ar ventilado em fachadas ventiladas para edifícios com altura superior a 28 m.....	75
Quadro 53 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento em fachadas sem aberturas para edifícios com altura igual ou inferior a 28 m.....	76
Quadro 54 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento em fachadas sem aberturas para edifícios com altura superior a 28 m.....	77
Quadro 55 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento em fachadas com aberturas para edifícios com altura igual ou inferior a 28 m.....	77
Quadro 56 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento em fachadas com aberturas para edifícios com altura superior a 28 m.....	78
Quadro 57 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento de coberturas em terraço para edifícios com altura até 28 m.....	80
Quadro 58 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento de coberturas em terraço para edifícios com altura superior a 28 m.....	80
Quadro 59 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento exterior de coberturas inclinadas e as possíveis classes de desempenho face ao fogo dos materiais constituintes de tetos falsos, com ou sem função de isolamento térmico ou acústico.....	80
Quadro 60 – Níveis de qualidade térmica recomendados.....	81

Quadro 61 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos em função da zona climática e dos níveis de qualidade térmica	81
Quadro 62 – Resistência térmica recomendada do isolamento em paredes de edifícios antigos	84
Quadro 63 – Resistência térmica recomendada do isolamento em pavimentos de edifícios antigos...	85
Quadro 64 – Resistência térmica recomendada do isolamento em coberturas de edifícios antigos....	85
Quadro 65 - Resistência térmica recomendada do isolamento em paredes de edifícios com estrutura porticada de betão armado.....	86
Quadro 66 - Resistência térmica recomendada do isolamento em pavimentos de edifícios com estrutura porticada de betão armado.....	87
Quadro 67 - Resistência térmica recomendada do isolamento em coberturas de edifícios com estrutura porticada de betão armado.....	88
Quadro 68 – Condutibilidade térmica dos materiais de isolamento.....	89
Quadro 69 – Síntese do estudo efetuado para o exemplo de aplicação 1	94
Quadro 70 – Síntese do estudo efetuado para o exemplo de aplicação 2	97
Quadro 71 – Síntese do estudo efetuado para o exemplo de aplicação 3	104

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

A_i [m²] – Somatório das áreas dos elementos que separam o espaço interior útil do espaço não útil

A_p [m²] – Área interior útil de pavimento, medida pelo interior

A_u [m²] – Somatório das áreas dos elementos que separam o espaço não útil do ambiente exterior

B' [m] – Dimensão característica do pavimento

b_{tr} – coeficiente de redução de perdas

e [m] – Espessura

GD – Número de graus-dia

H [m] – Altura do espaço de ar a ventilar

P [m] – Perímetro exposto, caracterizado pelo desenvolvimento total de parede que separa o espaço aquecido do exterior, de um espaço não aquecido ou de um edifício adjacente, ou do solo, medido pelo interior

P_e [Kg/(m²·s·Pa)] – Permeância ao vapor de água

R [m²·°C/W] – Resistência Térmica

R'_{elem} [m²·°C/W] – Resistência térmica do elemento em estudo sem a camada de isolamento

R'_{isol} [m²·°C/W] – Resistência térmica do isolamento a aplicar no elemento em estudo

R_{DI} - Resistência à difusão de vapor da camada de isolamento térmico, excluindo eventuais barreiras pára-vapor

R_{DP} - Resistência à difusão de vapor do paramento interior, incluindo eventuais barreiras pára-vapor

R_{elem} [m²·°C/W] – Resistência térmica do elemento sem a camada de isolamento

R_f [m²·°C/W] – Resistência térmica de todas as camadas do pavimento com exclusão de resistências térmicas superficiais

R_{isol} [m²·°C/W] – Resistência térmica do isolamento

R_{TI} - Resistência térmica de camada de isolamento térmico, incluindo eventuais espaços de ar

R_{TM} - Resistência térmica do paramento exterior

R_{TP} - Resistência térmica do paramento interior

R_w [m²·°C/W] – Resistência térmica da parede sem resistências térmicas superficiais

S [cm²/m] – Secção de cada uma das aberturas de ventilação (entrada e saída) em cm² por cada metro de largura da fachada [cm²/m]

S_d [m] – Espessura da camada de ar de difusão equivalente

U [W/m²·°C] – Coeficiente de transmissão térmica superficial

U_{limite} [W/m²·°C] – Coeficientes de transmissão térmica superficial limite para elementos em contacto com o terreno

$U_{máx}$ [W/m²·°C] – Coeficiente de transmissão térmica superficial máximo admissível

V_{enu} [m³] – Volume do espaço não útil

z [m] – Profundidade média enterrada da parede em contacto com o solo

δ_p [Kg/(m·s·Pa)] – Permeabilidade ao vapor de água do isolamento

θ_{enu} [°C] – Temperatura do local não útil

θ_{ext} [°C] – Temperatura exterior

$\theta_{\text{ext,v}}$ – Temperatura média exterior correspondente à estação convencional de arrefecimento

θ_{int} [°C] – Temperatura interior

λ [W/(m·°C)] – Condutibilidade Térmica

ACERMI – Association pour la Certification des Matériaux Isolants

AVRD – Avaliação e Verificação da Regularidade do Desempenho

CSTB – Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

ETICS – External Thermal Insulation Composite Systems

EU – União Europeia

LNE – Laboratoire National de Métrologie et d'Essais

NUTS – Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios

REH – Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios

COB – Coberturas

E – Permeabilidade ao vapor de água

I – Compressibilidade

L – Comportamento mecânico

O – Comportamento à água

PAR – Paredes

PAV – Pavimentos

S – Estabilidade Dimensional

1

INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O manual de seleção exigencial de materiais de isolamento térmico surge da necessidade de criar um procedimento que permita a escolha criteriosa de materiais de isolamento térmico, aliando as suas características e potencialidades às exigências de cada solução construtiva.

Nas últimas décadas as condições de conforto e a qualidade térmica das habitações tem melhorado substancialmente em Portugal. Porém, justificava-se impor medidas que procurassem reduzir o consumo de energia dos edifícios. Como consequência, surgem em Portugal documentos regulamentares que impunham um conjunto de medidas quanto às características da envolvente, dos sistemas de produção de água quente sanitária e climatização. Estes regulamentos, que refletiam a experiência adquirida noutros países ao longo de vários anos, estabeleciam requisitos para assegurar o conforto térmico no interior das habitações sem necessidades excessivas de energia. Além disso, visavam garantir a minimização dos efeitos patológicos na construção, reduzindo o número de edifícios com condensações. Os seus objetivos eram alcançados, em grande parte, através da imposição de requisitos para os valores dos coeficientes de transmissão térmica superficiais (U). Estes, que caracterizam a transferência de calor através de um elemento construtivo, contribuíram para uma prática quase generalizada da aplicação de materiais de isolamento térmico em Portugal. Com o objetivo de aproximar as exigências à realidade Portuguesa e às tendências Europeias, foram realizadas, ao longo dos anos, várias atualizações da regulamentação existente que, apesar de assentarem nos mesmos princípios, impunham requisitos mais exigentes. Deste modo, verificou-se uma redução, cada vez mais acentuada, dos valores dos coeficientes de transmissão térmica superficiais, conduzindo à aplicação de isolamento térmico com espessuras crescentes.

Por outro lado, a degradação acentuada de edifícios existentes e a existência de um grande número de fogos devolutos conduziram também a um aumento das estratégias de reabilitação tendo-se verificado, nos últimos anos, um incentivo á reabilitação e conservação de edifícios antigos.

O desempenho térmico dos edifícios é condicionado pelas propriedades térmicas dos seus componentes, nomeadamente pelas características dos materiais de isolamento térmico. Para atingir a eficiência energética dos edifícios de habitação, os projetistas procuravam materiais inovadores que melhor se adequavam às condições previstas. A procura crescente de materiais de isolamento que melhorassem o desempenho térmico dos edifícios conduziu ao aparecimento de uma vasta gama de novos produtos com diferentes características, destinados a diversas aplicações, o que tornou a escolha dos materiais de isolamento térmico cada vez mais difícil e pouco exigente.

O manual de seleção exigencial de materiais de isolamento térmico proposto nesta dissertação visa garantir a correta aplicação de materiais de isolamento nos edifícios. Para isso, é necessário que este seja o mais próximo possível da realidade Portuguesa, encontrando-se, por isso, particularmente direcionado para a reabilitação de edifícios e baseado na regulamentação atualmente em vigor.

1.2. ÂMBITO E OBJETIVOS

A presente dissertação surge como solução de diversos problemas relacionados com a escolha de materiais de isolamento térmico e pretende dar resposta à seguinte questão:

Qual o material de isolamento térmico mais adequado para determinada solução construtiva?

De modo a dar uma resposta coerente à questão foi necessário definir os principais objetivos, assim como alguns objetivos complementares. A presente dissertação tem como principais objetivos:

- Proposta de um modelo de certificação de materiais de isolamento térmico em Portugal;
- Elaboração de um manual de seleção exigencial de materiais de isolamento térmico.

Complementarmente, foi necessário definir alguns objetivos, tais como:

- Conhecer os materiais de isolamento térmico correntemente utilizados em Portugal, assim como os seus principais fabricantes;
- Refletir sobre a evolução da regulamentação térmica dos edifícios em Portugal e a evolução das exigências de isolamento térmico, ao longo dos anos;
- Estudar as exigências de isolamento térmico de acordo com a regulamentação atualmente em vigor;
- Perceber a importância da certificação de materiais de isolamento térmico e estudar as principais certificações existentes;
- Perceber a importância de um manual de seleção exigencial de materiais de isolamento térmico;
- Definir as soluções correntes da envolvente dos edifícios em Portugal, as exigências a satisfazer pelo material de isolamento térmico e a sua resistência térmica;
- Aplicar o manual de seleção exigencial a um caso prático.

1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação divide-se em 7 capítulos:

1. Introdução
2. Materiais de Isolamento Térmico
3. Exigências de Isolamento Térmico em Portugal
4. Modelos de Certificação de Materiais de Isolamento Térmico
5. Manual de Seleção Exigencial de Materiais de Isolamento Térmico
6. Exemplos de Aplicação
7. Conclusão

O Capítulo 1 apresenta uma breve introdução do tema e as respetivas considerações iniciais que estão na origem da presente dissertação. Este capítulo define ainda o âmbito e os objetivos da dissertação assim como a sua estrutura.

O Capítulo 2 analisa a importância da utilização de materiais de isolamento térmico. São abordados os isolamentos mais utilizados em Portugal, referindo as suas principais características e potencialidades. Ainda neste capítulo são apresentadas três empresas responsáveis pela fabricação de materiais de isolamento térmico em Portugal.

O Capítulo 3 apresenta a evolução da regulamentação em Portugal e as exigências de isolamento térmico face ao regulamento atualmente em vigor, onde são apresentadas as zonas climáticas e os coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos em elementos opacos. Neste capítulo são feitas algumas considerações relativamente ao coeficiente de transmissão térmica de elementos em contacto com o terreno. Por fim, é feita uma análise da evolução das exigências de isolamento em Portugal ao longo dos anos.

O Capítulo 4 analisa o interesse da utilização de um sistema de certificação de materiais de isolamento. São apresentados três modelos de certificação existentes – Certificação ACERMI, Certificação AENOR e Marcação CE e são estudados os respetivos processos de certificação, marcação e etiquetagem dos produtos. Por fim, é feita uma análise comparativa dos diferentes sistemas de certificação e é proposto um modelo de certificação com base na análise efetuada.

O Capítulo 5 reflete sobre a definição e importância de um manual de seleção exigencial. É ainda proposto um manual de seleção exigencial de materiais de isolamento térmico tendo como base a certificação proposta anteriormente. Neste contexto, são definidas as soluções correntes da envolvente dos edifícios em Portugal, as exigências a satisfazer pelo material de isolamento e ainda a resistência térmica do material.

O Capítulo 6 apresenta três exemplos de aplicação do manual de seleção exigencial proposto.

Por último, o Capítulo 7 resume as principais conclusões retiradas ao longo da dissertação e propõe alguns desenvolvimentos futuros.

2

MATERIAIS DE ISOLAMENTO TÉRMICO

2.1. IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS DE ISOLAMENTO TÉRMICO

Os materiais de isolamento térmico definem-se pela sua capacidade de retardarem a quantidade de calor que é transferida por condução, convecção ou radiação. Quando devidamente aplicados e projetados, o fluxo de calor que é transferido é reduzido devido aos seus valores elevados de resistência térmica [1].

O desempenho térmico de um edifício é determinado através das propriedades térmicas dos seus componentes e naturalmente das características dos materiais de isolamento térmico que lhe estão associados. A colocação de materiais de isolamento térmico no edifício afeta o seu desempenho global quando sujeito a fluxos de calor. Assim sendo, existem inúmeros benefícios resultantes da aplicação de isolamentos térmicos em edifícios. A sua correta utilização permite controlar e conservar a temperatura interior de um edifício sem recorrer a qualquer tipo de sistemas de climatização, resultando numa poupança de energia e garantindo a qualidade e o conforto térmico das habitações e o aumento da sua eficiência energética. É, por isso, necessário escolher o isolamento térmico ideal que corresponda às exigências térmicas do edifício. A aplicação de um isolamento tem por base o estudo prévio do edifício e da sua envolvente que conduz à escolha do material mais adequado e com a resistência térmica mais indicada para cada situação específica. Só deste modo se atinge o desempenho ideal do edifício, quer em termos ambientais como em termos de conforto térmico.

Os materiais de isolamento resistem ao fluxo de calor como resultado das inúmeras células microscópicas de ar encerrado. É a disposição das células que determina se o material reduz a transferência de calor por condução, convecção ou radiação.

As células, contidas no interior do material, impedem o ar de se mover evitando a transferência de calor convectiva. É o ar encerrado nas células que fornece o valor da resistência térmica do material. Por outro lado, a existência de uma estrutura fechada de células no interior do isolamento térmico reduz os efeitos de radiação. Devido a esta estrutura, a radiação incidente é absorvida ou dissipada ao longo do material de isolamento reduzindo o fluxo de calor transferido. Contudo, quanto mais fechada for a estrutura das células, maior será a transferência de calor por condução.

É a interação dos três modos de transferência de calor – convecção, condução e radiação que exprimem a eficácia do material de isolamento.

2.2. CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS DE ISOLAMENTO TÉRMICO

Os materiais de isolamento térmico podem ser classificados em função de diferentes parâmetros. Na presente dissertação classificaram-se os materiais de isolamento térmico quanto à transferência de calor, ao modo de produção, à estrutura, à composição e à natureza das matérias-primas.

Quanto à transferência de calor, os materiais de isolamento térmico podem ser classificados em duas classes principais: materiais de isolamento em que a condução é o mecanismo fundamental e materiais de isolamento refletantes. De um modo geral, os primeiros caracterizam-se por retardar a transferência de calor por condução enquanto os refletantes reduzem a transferência de calor por radiação.

Quanto ao modo de produção os materiais de isolamento térmico pré-fabricados podem apresentar-se sob a forma de painéis ou placas rígidas e rolos ou mantas. A diferença incide na sua rigidez. Os materiais de isolamento térmico em forma de painéis ou placas caracterizam-se pelo seu carácter rígido enquanto os materiais de isolamento térmico em forma de rolos caracterizam-se pelo seu carácter não rígido.

Quanto à estrutura os materiais de isolamento térmico podem-se classificar como materiais celulares ou fibrosos. De um modo geral, os materiais celulares contêm ar encerrado em alvéolos. Os materiais fibrosos mantêm uma película de ar aderente à extensa superfície de cada fibra [2].

Quanto à sua composição, os materiais de isolamento térmico podem ainda classificar-se como orgânicos e inorgânicos. Os orgânicos são produzidos recorrendo a vegetação natural ou recursos renováveis. Por outro lado, os inorgânicos derivam de recursos não renováveis mas recursos disponíveis de forma abundante. Existe, por isso, um interesse crescente na utilização de materiais orgânicos por se tratar de materiais renováveis, recicláveis, ecológicos e que requerem reduzidas técnicas de produção. A energia necessária para produzir estes materiais é também reduzida. Contudo, os materiais inorgânicos oferecem melhores propriedades térmicas e custos inferiores. São também mais resistentes ao fogo e à humidade [3].

Quanto à natureza das matérias-primas os materiais de isolamento térmico podem ser de origem mineral, vegetal ou sintética.

2.3. A CONDUTIBILIDADE E RESISTÊNCIA TÉRMICA

A condutibilidade térmica, designada por λ e expressa em $W/(m \cdot ^\circ C)$ representa a quantidade de calor que atravessa uma espessura unitária de um material, quando entre duas faces planas e paralelas se estabelece uma diferença unitária de temperatura de $1^\circ C$. É uma propriedade que caracteriza os materiais ou produtos termicamente homogêneos [4].

Neste contexto, a condutibilidade térmica avalia a eficácia de um material relativamente à condução de calor. Assim, o conhecimento dos valores da condutibilidade térmica permite uma comparação quantitativa da eficácia dos diferentes materiais de isolamento térmico. Quanto mais baixa for a condutibilidade térmica de um material melhor a sua capacidade de isolar. Esta característica depende principalmente da massa volúmica, do teor de humidade, da temperatura e da idade dos materiais de isolamento térmico [1]. Convencionalmente, um material é considerado um material de isolamento térmico se apresentarem um valor de condutibilidade térmica inferior a $0,065 W/(m \cdot ^\circ C)$ e uma resistência térmica superior a $0,030 m^2 \cdot ^\circ C/W$ [4].

A resistência térmica, designada por R e expressa em $m^2 \cdot ^\circ C/W$ traduz a reação de oposição de um material ao fluxo de calor por condução, convecção ou radiação, permitindo avaliar o seu desempenho térmico. É função da condutibilidade térmica, da espessura e da massa volúmica de cada material de

isolamento térmico [1]. A resistência térmica pode traduzir-se pela equação (1), em que “e” representa a espessura do material de isolamento e “ λ ” a sua condutibilidade térmica. A resistência térmica define-se então, pela razão entre a espessura e a condutibilidade térmica do respetivo material.

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (1)$$

Assim sendo, para a mesma resistência térmica, quanto maior é a espessura do isolamento menor é o fluxo de calor.

2.4. OS ISOLAMENTOS TÉRMICOS CORRENTEMENTE UTILIZADOS EM PORTUGAL

De seguida apresenta-se uma descrição dos materiais de isolamento térmico mais utilizados em Portugal.

2.4.1. LÃ DE ROCHA

A lã de rocha resulta do processo de fusão de vários tipos de rochas e do consequente processo de centrifugação da massa fundida, que origina as fibras minerais. O processo de fusão é realizado recorrendo-se a vários tipos de rochas, tais como o basalto e o calcário, e é efetuado a temperaturas elevadas, próximas dos 1600 °C. A composição química da lã de rocha é semelhante às rochas que a constituem.

A lã de rocha é comercializada em forma de painéis ou rolos e apresenta valores de condutibilidade térmica que variam entre 0,033 e 0,040 W/(m·°C) e massa volúmica entre 40 e 200 kg/m³. É considerada um material de isolamento térmico por possuir ótimas características térmicas, o que se reflete nas temperaturas de utilização em serviço que variam entre – 200 °C e + 800 °C. Estes materiais apresentam custos de aplicação bastante reduzidos, além de que podem ser reciclados pelos fabricantes. São facilmente manuseados sem perderem as suas propriedades térmicas, contudo a sua aplicação deverá ser feita com vestuário e luvas adequadas. A lã de rocha é incombustível, sendo que a inclusão destes materiais em edifícios permite evitar a formação e transmissão do fogo bem como proteger as áreas isoladas. Além disso, estes materiais apresentam um excelente desempenho acústico. Devido à sua estrutura, conseguem conciliar a massa volúmica e a absorção acústica. A lã de rocha não é hidrófila, tem capilaridade nula e um bom desempenho face à ação da água, o que permite garantir que sejam mantidas todas as propriedades mecânicas, térmicas e acústicas. Dada a natureza da sua estrutura aberta, estes produtos têm uma forte permeabilidade ao vapor de água, não provocando os efeitos negativos de condensação no isolamento.

A versatilidade da lã de rocha no sector da construção permite melhorar o conforto das habitações, com a sua aplicação nos seus elementos constituintes, nomeadamente em paredes, pavimentos e coberturas [4, 5].

2.4.2. LÃ DE VIDRO

A lã de vidro resulta de um processo de mistura de areia com vidro reciclado a temperaturas elevadas, entre 1300 °C e 1450 °C. A transformação em fibras resulta de um processo de centrifugação e de insuflação. Posteriormente as fibras são aglomeradas através da adição de resinas. As propriedades

térmicas da lã de vidro são semelhantes às da lã de rocha. Ainda assim, estudos comprovam que o desempenho térmico da lã de vidro não é afetado pela temperatura nem pelo teor de humidade. Além disso, é facilmente reciclável e reutilizável [4].

2.4.3. POLIESTIRENO EXPANDIDO

O poliestireno expandido, designado pela sigla EPS, é obtido através da evaporação do pentano contido nos grãos de poliestireno. Estes materiais são comercializados em forma de placas rígidas e caracterizam-se por apresentarem valores de condutibilidade térmica entre 0,031 e 0,037 W/(m·°C) e massa volúmica entre 15 e 75 kg/m³. Devido à sua porosidade e à reduzida massa volúmica, este material não apresenta propriedades acústicas favoráveis. É um material facilmente inflamável e liberta gases tóxicos pelo que, durante o processo de fabrico, normalmente é adicionado um retardador que previne e evita a propagação das chamas. É facilmente manuseado, cortado e aplicado sem perder as suas propriedades [4].

2.4.4. POLIESTIRENO EXTRUDIDO

O poliestireno extrudido, designado pela sigla XPS, resulta de um processo de fusão de grãos de poliéster com agentes de insuflação. É frequentemente comparável com o poliestireno expandido por possuírem propriedades de isolamento semelhantes. Ainda assim, o poliestireno extrudido caracteriza-se por absorver menos humidade e por possuir maior calor específico do que o poliestireno expandido, contudo apresenta custos mais elevados. São utilizados como materiais de isolamento térmico por apresentarem valores reduzidos de condutibilidade térmica e, por isso, excelente resistência térmica. Além disso, apresentam elevada estabilidade dimensional e resistência à compressão. Possuem a vantagem de ser fácil de transportar, cortar e aplicar, sendo compatíveis com inúmeras soluções construtivas. Uma das principais preocupações da utilização de poliestireno extrudido está relacionada com os problemas de reciclagem pelo facto de serem materiais dificilmente reaproveitados [4].

2.4.5. POLIURETANO

O poliuretano, designado pela sigla PUR, resulta de uma reação exotérmica entre diisocianato e poliéster poliol. O poliuretano pode ser comercializado sob a forma de painéis, ou pode ainda ser expandido e aplicado *in situ* sob a forma de espuma. A sua condutibilidade térmica apresenta valores que variam entre 0,022 e 0,040 W/(m·°C) e massa volúmica entre 15 e 45 kg/m³. As preocupações com a reciclagem e os problemas de combustão são questões bastantes presentes aquando da utilização deste tipo de materiais [4, 6].

2.4.6. AGLOMERADO DE CORTIÇA EXPANDIDA

O aglomerado de cortiça expandida é um material frequentemente utilizado no setor da construção devido ao seu favorável desempenho térmico e acústico. É produzido a partir da cortiça e aglomerado através das próprias resinas. A cortiça é extraída do sobreiro o que significa que é um tecido vegetal, 100% natural.

O aglomerado de cortiça expandida é produzido em placas e apresenta um valor de condutibilidade térmica que varia entre 0,037 e 0,050 W/(m·°C). O seu desempenho térmico reflete-se, ainda, no facto de suportar temperaturas de utilização em serviço que variam entre - 180 °C e + 120 °C. Além disso,

estes materiais caracterizam-se pelas suas propriedades acústicas, apresentando um bom desempenho no isolamento de sons de percussão e sons aéreos e uma boa capacidade de absorção de ondas sonoras. Possui ainda elevada estabilidade dimensional e resistência à compressão e é permeável ao vapor de água. Em caso de incêndio, além de proteger as áreas isoladas e de evitar a propagação do fogo, não liberta gases tóxicos. Uma das principais vantagens é que é 100% reciclável e reutilizável [4, 7].

2.5. FABRICANTES EM PORTUGAL

No contexto dos materiais de isolamento térmico correntemente utilizados é apresentada, em seguida, uma breve descrição de três empresas responsáveis pela produção de materiais de isolamento em Portugal – Iberfibran, Amorim Isolamentos e Termolan – fabricantes de poliestireno extrudido, aglomerado de cortiça expandida e lã de rocha, respetivamente. Destacam-se estas empresas por produzirem materiais de isolamento térmico com certificação ACERMI, definida com detalhe no *Capítulo 4 – Modelos de Certificação de Materiais de Isolamento Térmico*.

A Iberfibran, Poliestireno Extrudido S.A. é o braço do Grupo FIBRAN S.A. em Portugal e foi constituída em 2000. É pioneira em Portugal no fabrico de placas rígidas de espuma de Poliestireno extrudido (XPS), isolamento de elevada qualidade e desempenho preferencial na construção civil. As placas rígidas de espuma de Poliestireno Extrudido (XPS) são fabricadas sob a marca registada FIBRANxps e caracterizam-se pela sua cor azul-turquesa. A marca dispõe ainda de um conjunto de certificações que comprovam a qualidade do produto e do processo construtivo, nomeadamente a Marcação CE, a Certificação AENOR e a Certificação ACERMI. A Iberfibran apresenta os catálogos do produto como manuais. As informações não se concentram apenas no produto, apresentando as vantagens e desvantagens de sistemas construtivos e definindo qual o produto mais adequado a cada solução. O objetivo é fornecer ao projetista as informações necessárias para a escolha do isolamento de modo a tornar o edifício o mais eficiente possível. Além disso, são fornecidos manuais de fachadas e coberturas invertidas que contêm as informações técnicas necessárias para aplicar os produtos FIBRANxps nos edifícios [8].

A Amorim Isolamentos está integrada na Corticeira Amorim. Surge em 1997 como uma unidade de negócios do Grupo Amorim para a produção de aglomerados de isolamento e é líder de mercado com as marcas Amorim (marca institucional), Corkpan (mercado italiano), Corktherm 040 (Áustria, Alemanha e Suíça), Corkisol (França) e Thermacork (EUA) [9].

Em Portugal, a Termolan é uma empresa que fabrica lã de rocha para isolamento térmico, acústico e de proteção ao fogo. Possui 3 unidades de produção em Portugal e é titular de várias marcas, nomeadamente a Rocterm [10].

O Quadro 1 apresenta, em síntese os materiais de isolamento correntemente utilizados em Portugal em função da sua estrutura, composição e natureza e ainda uma referência aos três fabricantes de isolamento em Portugal, referidos anteriormente.




Quadro 1 – Quadro síntese dos materiais de isolamento correntemente utilizados em Portugal

Materiais de Isolamento	Estrutura	Composição	Fabricantes em Portugal (*)
Natureza Mineral			
Lã de Rocha	Fibrosa	Inorgânico	Termolan
Lã de Vidro	Fibrosa	Inorgânico	
Natureza Sintética			
Poliestireno Expandido	Celular	Orgânico	Iberfibran
Poliestireno Extrudido	Celular	Orgânico	
Poliuretano	Celular	Orgânico	
Natureza Vegetal			
Aglomerado de Cortiça expandida	Celular	Orgânico	Amorim Isolamentos

(*) Listagem parcial dos fabricantes em Portugal

2.5.1. FICHA-TIPO

É apresentada na Fig. 1 uma visão geral da estrutura de uma ficha-tipo de materiais de isolamento térmico fabricados em Portugal com o objetivo de caracterizar os materiais de isolamento e reunir as informações necessárias para aplicar o Manual de Seleção Exigencial de Materiais de Isolamento Térmico de modo a escolher o material que melhor se adequa. No Anexo I é possível ter uma visão pormenorizada da estrutura e dos campos de preenchimento da ficha.

MATERIAL DE ISOLAMENTO TÉRMICO				REFERÊNCIA
DESIGNAÇÃO		DESCRIÇÃO DO MATERIAL		
FAMÍLIA	FABRICANTE	NORMA		
RESISTÊNCIA TÉRMICA		CERTIFICAÇÕES DO PRODUTO		
α [mW/mK] R [m²·K/W] Valor declarado de condutibilidade térmica - λ_D [W/m·K]		  		
EXIGÊNCIA	ENSAIOS	OBSERVAÇÕES	RESULTADOS	VALORES DE REFERÊNCIA
I	(d5 - d10) / d5	(média das 5 medições)		$\leq 0,25$
	(para cada medição)			$\leq 0,35$
				Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> 11 <input type="checkbox"/>
				SC2b Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> 12 <input type="checkbox"/>
S	Classe de compressibilidade da camada de isolamento térmico: caso isolante, pavimento flutuante ou reassentamento variáveis			SC2a Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> 13 <input type="checkbox"/>
				SC2b Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> 14 <input type="checkbox"/>
				SC2c Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> 15 <input type="checkbox"/>
				SC2d Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> 16 <input type="checkbox"/>
S	$[\lambda]_{\text{calc}} + [\lambda]_{\text{des}} + \text{res. res.}$	$[\lambda]_{\text{des}}$		$\leq 0,01$ [mW/mK]
	$G - [\lambda]_{\text{des}} - d$	$[\lambda]_{\text{des}} + \text{res. res.}$		≤ 400 [Pa·m]
	$[\lambda]_{\text{des}} + \text{res. res.}$	G		$\leq 0,004$ [mW/mK]
	$(50 - d + [\lambda]_{\text{des}} + \text{res. res.} + [\lambda]_{\text{des}} + \text{res. res.}) - G$	d		$\leq 15 \times 103$ [Pa]
S				$\leq 0,0015$ [mW/mK]
		Se dimensões do produto $\leq 500 \times 500$ mm²		$\leq 0,0025$ [mW/mK]
		Se dimensões do produto $> 500 \times 500$ mm²		$\leq 0,0025$ [mW/mK]
				$\leq 0,0025$ [mW/mK]
O	Δd_{10}			$< 7,5$ [%]
	E_1			< 15 [%]
	E_2			$< 1,5$ [%]
	W_2			$< 1,0$ [kg/m³]

MATERIAL DE ISOLAMENTO TÉRMICO				REFERÊNCIA
DESIGNAÇÃO		DESCRIÇÃO DO MATERIAL		
FAMÍLIA	FABRICANTE	NORMA		
EXIGÊNCIA	ENSAIOS	OBSERVAÇÕES	RESULTADOS	VALORES DE REFERÊNCIA
L	F_{10}	P		$> P$ [N]
	d			$\leq 0,12$ [m]
	t_{10}			> 50 [KPa]
	t_{10}			> 120 [KPa]
E	R_{10}			> 150 [KPa]
	R_{10}			> 180 [KPa]
	R_{10}			$R_{10} \leq 0,44$
	P_{10}			$P_{10} \geq 2,27$
E	S_{10}			$S_{10} \leq 0,3$
	R_{10}			$0,44 \leq R_{10} \leq 2,22$
	P_{10}			$0,45 \leq P_{10} \leq 2,27$
	S_{10}			$0,3 \leq S_{10} \leq 1,5$
E	R_{10}			$2,22 \leq R_{10} \leq 8,85$
	P_{10}			$0,113 \leq P_{10} \leq 0,45$
	S_{10}			$1,5 \leq S_{10} \leq 6$
	R_{10}			$8,85 \leq R_{10} \leq 133$
E	P_{10}			$0,0075 \leq P_{10} \leq 0,113$
	S_{10}			$6 \leq S_{10} \leq 90$
	R_{10}			$R_{10} \geq 133$
	P_{10}			$P_{10} < 0,0075$
E	S_{10}			$S_{10} \geq 90$
	R_{10}			$R_{10} \geq 133$
	P_{10}			$P_{10} < 0,0075$
	S_{10}			$S_{10} \geq 90$
EXIGÊNCIA	ENSAIOS	OBSERVAÇÕES	RESULTADOS	VALORES DE REFERÊNCIA
F				(*)

(*) Comparar com quadros do manual de seleção exigencial para cada solução específica

Fig. 1 – Visão geral da estrutura da ficha-tipo

A ficha-tipo divide-se da seguinte forma:

- Identificação da ficha-tipo
- Identificação do material
 - Designação do material
 - Descrição do material
 - Família
 - Fabricante
 - Noma
- Certificações do material
- Resistência térmica certificada
- Características do material
 - Exigências
 - Ensaios
 - Observações
 - Resultados
 - Valores de Referência
 - Níveis

O preenchimento da ficha-tipo é feito com base no certificado emitido pela ACERMI. Este apenas fornece os níveis ISOLE ^(a), não fornecendo os resultados dos ensaios, pelo que, a ficha-tipo não fica completamente preenchida. A implementação desta ficha requer o fornecimento desses parâmetros de modo a que contenha toda a informação do material. A esta ficha-tipo foi adicionada a reação ao fogo do material de isolamento térmico, característica incluída na certificação proposta na presente dissertação, dando origem à certificação ISOLE_F.

A ficha-tipo apresenta as espessuras e respetivas resistências térmicas, os ensaios realizados para a obtenção dos níveis ISOLE_F, os valores de referência e os respetivos níveis ISOLE_F.

No Anexo II, III e IV apresentam-se três fichas-tipo, associadas a diferentes intervalos de espessura de materiais de isolamento fabricados pela Amorim Isolamentos. Refira-se novamente que existem campos por preencher devido à falta de informação, ainda assim estes materiais encontram-se definidos pelo seu nível ISOLE_F.

^(a) Os níveis ISOLE fornecidos pela Certificação ACERMI são definidos em detalhe no *Capítulo 4 – Modelos de Certificação de Materiais de Isolamento Térmico*.

3

EXIGÊNCIAS DE ISOLAMENTO TÉRMICO EM PORTUGAL

3.1. A EVOLUÇÃO DA REGULAMENTAÇÃO EM PORTUGAL

A criação de um documento regulamentar que estabelecesse os requisitos térmicos dos edifícios surgiu da necessidade de melhorar as condições de conforto térmico aliada à crescente preocupação com o consumo de energia dos edifícios em Portugal.

A população Portuguesa, cada vez mais, aspirava a melhores condições de salubridade, higiene e conforto das suas habitações e manifestava o seu interesse em melhorar as condições de conforto visual e térmico e consequentemente a qualidade e desempenho das habitações.

Foi então criado, em 1990, o Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios, aprovado pelo Decreto-Lei nº 40/90. Tratava-se do primeiro regulamento em Portugal que impunha um conjunto de requisitos ao projeto de edifícios com o objetivo de assegurar as exigências de conforto térmico no seu interior sem necessidades excessivas de energia. Paralelamente visava também garantir a minimização de efeitos patológicos na construção derivados das condensações superficiais [11].

Mais de uma dezena de anos após a entrada em vigor deste regulamento verificou-se que o seu aparecimento constituiu um marco significativo na melhoria da qualidade térmica da construção em Portugal, evidenciando uma prática quase generalizada da aplicação de isolamentos térmicos nos edifícios. Contudo, apesar de ser uma mais-valia para o setor da construção apenas pretendia limitar os principais consumos sendo por isso pouco exigente.

O aumento significativo do número de edifícios utilizando equipamentos de climatização conduziu a um aumento do consumo de energia no setor. Justificava-se, por isso, uma contabilização mais realista dos consumos que com muito maior probabilidade pudessem ocorrer, evoluindo portanto na direção de maiores exigências de qualidade térmica da envolvente dos edifícios.

Neste contexto surgiu então uma atualização ao antigo Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios, aprovada pelo Decreto-Lei nº 80/2006. Este regulamento, de acordo com o contexto internacional, procurava assegurar a necessidade de melhorar a qualidade dos edifícios e reduzir os seus consumos de energia e as correspondentes emissões de gases que contribuem para o aquecimento global ou efeito de estufa [12].

Posteriormente, com o objetivo de melhorar o nível de sistematização e o âmbito de aplicação, foi efetuada uma revisão e atualização da legislação nacional existente, surgindo então o Regulamento de

Desempenho Energético de Edifícios (REH), aprovado pelo Decreto-Lei nº 118/2013 e complementado por diversas portarias e despachos, nomeadamente a Portaria nº 349-B/2013.

Estes diplomas estabeleciam os requisitos para edifícios de habitação novos ou sujeitos a intervenções, bem como os parâmetros e metodologias de caracterização do desempenho energético, no sentido de promover a melhoria do respetivo comportamento térmico, a eficiência dos seus sistemas técnicos e a minimização do risco de ocorrência de condensações superficiais nos elementos da envolvente dos edifícios. Incidiam, por isso, nas características da envolvente opaca e envidraçada, na ventilação e nas necessidades nominais anuais de energia para aquecimento e arrefecimento [13].

Entretanto, o Decreto-Lei nº 118/2013 e a Portaria nº 349-B/2013 vêm a ser revogados com a publicação do Decreto-Lei nº 194/2015 e da nova Portaria nº 379-A/2015, diplomas atualmente em vigor, que vêm alterar o REH quanto aos requisitos de comportamento térmico e de eficiência de sistemas técnicos dos edifícios novos e sujeitos a intervenção. As principais alterações desta nova portaria incidem sobre os requisitos energéticos dos edifícios de habitação, nomeadamente através da redução dos valores dos coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos e de vãos envidraçados [14].

3.2. AS EXIGÊNCIAS DE ISOLAMENTO TÉRMICO IMPOSTAS PELO REH

O REH estabelece requisitos de qualidade térmica da envolvente nos novos edifícios e nas intervenções em edifícios existentes, expressos em termos de coeficientes de transmissão térmica da envolvente opaca e de fator solar dos vãos envidraçados, dependendo da zona climática.

3.2.1. ZONAS CLIMÁTICAS

O zonamento climático em Portugal baseia-se na Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS) de nível III permitindo a organização territorial de municípios e áreas metropolitanas. A divisão do País em zonas climáticas tem como objetivo a organização do território Português de acordo com as condições do clima [15]. Para as diferentes NUTS III são definidos diversos parâmetros climáticos de Inverno e Verão, entre eles, o número de graus-dias, GD e a temperatura média exterior correspondente à estação convencional de arrefecimento, $\theta_{ext,v}$.

Adicionalmente são definidas três zonas climáticas de Inverno (I1, I2 e I3) e três zonas climáticas de Verão (V1, V2 e V3) para a aplicação de requisitos de qualidade térmica da envolvente.

As zonas climáticas de Inverno são definidas a partir do número de graus-dias (GD) na base de 18°, correspondente à estação de aquecimento, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 – Critérios para a determinação da zona climática de Inverno [16]

Critério	$GD \leq 1300$	$1300 < GD \leq 1800$	$GD > 1800$
Zona	I ₁	I ₂	I ₃

As zonas climáticas de Verão são definidas a partir da temperatura média exterior correspondente à estação convencional de arrefecimento ($\theta_{ext,v}$), conforme o Quadro 3.

Quadro 3 – Critérios para a determinação da zona climática de Verão [16]

Critério	$\theta_{\text{ext},v} \leq 20^{\circ}\text{C}$	$20^{\circ}\text{C} < \theta_{\text{ext},v} \leq 22^{\circ}\text{C}$	$\theta_{\text{ext},v} > 22^{\circ}\text{C}$
Zona	V_1	V_2	V_3

A Fig. 2 representa as zonas climáticas de Inverno, I_1 , I_2 e I_3 e as zonas climáticas de Verão, V_1 , V_2 e V_3 em Portugal Continental. É possível ter uma visão geral da distribuição das zonas climáticas de Inverno e Verão no território Português [16].

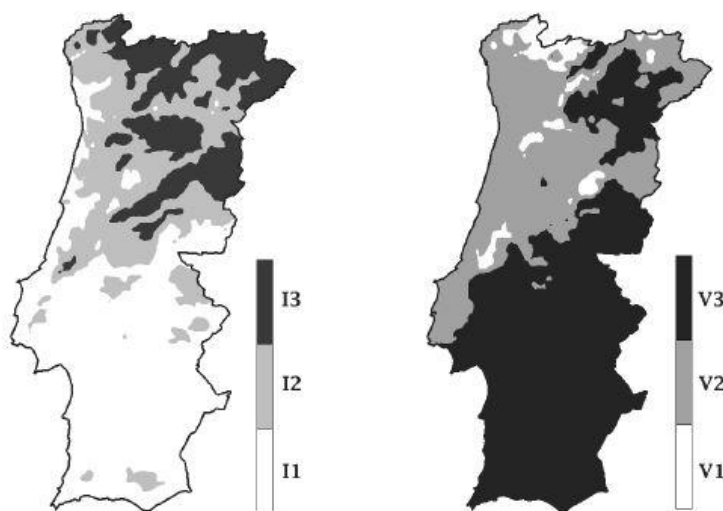


Fig. 2 – Zonas climáticas de Inverno e Verão representadas no continente [16]

3.2.2. COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA SUPERFICIAIS MÁXIMOS

3.2.2.1. Elementos Opacos

Os elementos e soluções construtivas dos edifícios de habitação novos ou sujeitos a intervenções devem estar devidamente caracterizados de acordo com o seu comportamento térmico. O REH estabelece, por isso, requisitos para a envolvente opaca dos edifícios expressos através de coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos, $U_{\text{máx}}$. Nenhum elemento da zona corrente da envolvente opaca do edifício, onde se incluem elementos construtivos como paredes, pavimentos ou coberturas, deverá ter um coeficiente de transmissão térmica superficial superior aos valores máximos admissíveis apresentados no Quadro 4 [17].

Quadro 4 – Valores de $U_{\text{máx}}$ por zona climática de acordo com REH (adaptado de [17])

Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos		Zona Climática		
$U_{\text{máx}} [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})]$		I_1	I_2	I_3
Zona corrente da envolvente em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr} > 0,7$	Paredes	0,50	0,40	0,35
	Pavimentos e Coberturas	0,40	0,35	0,30
Zona corrente da envolvente em contacto com outros edifícios ou com espaços não úteis com coeficiente de perdas $b_{tr} \leq 0,7$	Paredes	2,00	2,00	1,90
	Pavimentos	1,65	1,30	1,20

O coeficiente de redução de perdas, b_{tr} traduz a redução da transmissão de calor. O cálculo das perdas de calor por transmissão em elementos que separam o espaço com condições de referência de espaços com temperatura ambiente diferente do ar exterior, como é o caso dos elementos da envolvente interior, será afetado pelo coeficiente de redução de perdas b_{tr} . O valor do coeficiente de redução de perdas de determinado espaço não útil será calculado com base na equação (2), em função da temperatura interior – θ_{int} [$^\circ\text{C}$], da temperatura exterior – θ_{ext} [$^\circ\text{C}$] e da temperatura do local não útil – θ_{enu} [$^\circ\text{C}$].

$$b_{tr} = \frac{\theta_{int} - \theta_{enu}}{\theta_{int} - \theta_{ext}} \quad (2)$$

Sempre que o valor do parâmetro b_{tr} for superior a 0,7 aplicam-se os requisitos mínimos definidos para a envolvente exterior ao elemento que separa o espaço interior útil do não útil, sendo classificado como envolvente exterior com requisitos do exterior. Quando o valor do parâmetro b_{tr} for igual ou inferior a 0,7 aplicam-se os requisitos mínimos definidos para a envolvente interior ao elemento que separa o espaço interior útil do não útil, sendo classificado como envolvente interior com requisitos do interior. Na impossibilidade de conhecer com precisão o valor da temperatura do local não útil, dependente do uso concreto e real de cada espaço, admite-se que para alguns tipos de espaços não úteis o coeficiente de redução de perdas, b_{tr} pode ser obtido em função da razão A_i/A_u (A_i é o somatório das áreas dos elementos que separam o espaço interior útil do espaço não útil e A_u é o somatório das áreas dos elementos que separam o espaço não útil do ambiente exterior), do volume do espaço não útil, V_{enu} e ainda dos parâmetro f e F , em que f define um espaço não útil que tem todas as ligações entre elementos bem vedadas, sem aberturas de ventilação permanentemente abertas e F define um espaço não útil permeável ao ar devido à presença de ligações e aberturas de ventilação permanentemente abertas. Para espaços fortemente ventilados o b_{tr} deverá tomar o valor de 1,0 [18].

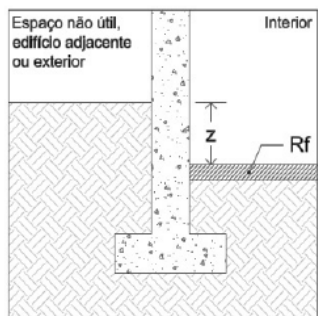
3.2.2.2. Elementos em Contacto com o Terreno

No que diz respeito aos elementos em contacto com o terreno, o REH disponibiliza o método de cálculo do coeficiente de transmissão térmica de pavimentos e paredes em contacto com o terreno, porém não apresenta nenhuma exigência relativamente aos valores de $U_{\text{máx}}$.

O valor do coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o terreno, U_{bf} [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$] com isolamento contínuo, determina-se com base na Fig. 3 e em função dos seguintes elementos:

- Dimensão característica do pavimento, B' [m];
- Resistência térmica de todas as camadas do pavimento R_f , com exclusão de resistências térmicas superficiais [$\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$];
- Profundidade média enterrada da parede em contacto com o solo, z [m]

	z ≤ 0,5 m				0,5 m < z ≤ 1,0 m				1,0 m < z ≤ 2,0 m			
B'	R _f [(m².°C)/W]				R _f [(m².°C)/W]				R _f [(m².°C)/W]			
	0,5	1	2	≥3	0,5	1	2	≥3	0,5	1	2	≥3
3	0,65	0,57	0,32	0,24	0,57	0,44	0,30	0,23	0,51	0,41	0,29	0,22
4	0,57	0,52	0,3	0,23	0,52	0,41	0,28	0,22	0,47	0,37	0,27	0,21
6	0,47	0,43	0,27	0,21	0,43	0,35	0,25	0,2	0,40	0,33	0,24	0,19
10	0,35	0,32	0,22	0,18	0,32	0,28	0,21	0,17	0,30	0,26	0,20	0,17
15	0,27	0,25	0,18	0,15	0,25	0,22	0,18	0,15	0,24	0,21	0,17	0,14
≥20	0,22	0,21	0,16	0,13	0,21	0,18	0,15	0,13	0,20	0,18	0,15	0,13

B'	2,0 m < z ≤ 3,0 m				z > 3 m				
	R _f [(m².°C)/W]				R _f [(m².°C)/W]				
	0,5	1	2	≥3	0,5	1	2	≥3	
3	0,45	0,37	0,27	0,21	0,39	0,32	0,24	0,20	
4	0,42	0,34	0,25	0,20	0,36	0,30	0,23	0,19	
6	0,36	0,30	0,23	0,18	0,31	0,27	0,21	0,17	
10	0,28	0,24	0,19	0,16	0,25	0,22	0,18	0,15	
15	0,22	0,20	0,16	0,14	0,20	0,18	0,15	0,13	
≥20	0,19	0,17	0,14	0,12	0,17	0,16	0,13	0,12	

Nota 1: Para pavimentos com $z \leq 0,5 \text{ m}$ e resistência térmica inferior a $0,5 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$, o valor do seu coeficiente de transmissão térmica corresponde a $1,15 \times U_{(R_f=0,5)}$ [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$].

Nota 2: Para pavimentos com $z > 0,5 \text{ m}$ e resistência térmica inferior a $0,5 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$, o valor do seu coeficiente de transmissão térmica corresponde a $1,10 \times U_{(R_f=0,5)}$ [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$].

Fig.3 – Coeficiente de transmissão térmica de pavimentos em contacto com o terreno com isolamento contínuo ou sem isolamento, U_{bf} [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$] [18]

A dimensão característica do pavimento calcula-se com base na equação (3):

$$B' = \frac{A_p}{0,5 \times P} \quad (3)$$

Em que:

A_p – Área interior útil de pavimento, medida pelo interior [m^2];

P – Perímetro exposto, caracterizado pelo desenvolvimento total de parede que separa o espaço aquecido do exterior, de um espaço não aquecido ou de um edifício adjacente, ou do solo, medido pelo interior [m];

O valor do coeficiente de transmissão térmica de paredes em contacto com o terreno, U_{bw} [$W/m^2 \cdot ^\circ C$] determina-se com base na Fig. 4, em função dos seguintes elementos:

- Resistência térmica da parede sem resistências térmicas superficiais, R_w ;
- Profundidade média enterrada da parede em contacto com o solo, z [m] [18].

Z [m]	R_w ($m^2 \cdot ^\circ C$)/W					
	0	0,5	1	1,5	2	≥ 3
0	5,62	1,43	0,82	0,57	0,44	0,30
0,5	2,77	1,10	0,70	0,51	0,40	0,28
1	1,97	0,91	0,61	0,46	0,36	0,26
2	1,32	0,70	0,50	0,38	0,31	0,23
4	0,84	0,50	0,38	0,30	0,25	0,19
≥ 6	0,64	0,39	0,31	0,25	0,21	0,17

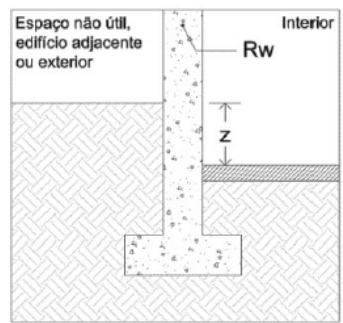


Fig. 4 – Coeficiente de transmissão térmica de paredes em contacto com o terreno, U_{bw} [$W/m^2 \cdot ^\circ C$] [18]

Como o REH não apresenta valores de $U_{m\acute{a}x}$ para pavimentos e paredes em contacto com o terreno foi necessário arbitrar valores limite de U para estes elementos de modo a criar coerência e uniformidade ao longo da presente dissertação. O objetivo é que estes valores limite sejam apresentados em função da zona climática. Para isso, os valores de $U_{m\acute{a}x}$ de pavimentos e paredes em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr} > 0,7$ foram afetados de um coeficiente, de forma obter os valores limite de U para elementos em contacto com o terreno. Para pavimentos térreos, considerou-se que o valor de U não deverá ser superior a 2,0 vezes o valor do $U_{m\acute{a}x}$ de pavimentos em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr} > 0,7$. Por outro lado, ara as paredes enterradas, considerou-se que o valor de U não deverá ser superior a 1,5 vezes o valor do $U_{m\acute{a}x}$ de paredes em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr} > 0,7$.

Em resultado, elaborou-se o Quadro 5 onde se apresentam os valores limite de U (U_{limite}) de paredes e pavimentos em contacto com o solo, em função da zona climática (I_1 , I_2 e I_3).

Quadro 5 – Valores dos U_{limite} para elementos em contacto com o terreno

Coeficientes de transmissão térmica superficiais limite para elementos em contacto com o terreno	Zona Climática		
	I_1	I_2	I_3
$U_{\text{limite}} [W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$			
Pavimentos térreos	0,80	0,70	0,60
Paredes enterradas	0,75	0,60	0,53

Comparando os valores arbitrados do Quadro 5 com os valores de cálculo das Fig. 3 e 4 verifica-se que estes apresentam a mesma ordem de grandeza, confirmando as considerações efetuadas para os elementos em contacto com o terreno.

3.3. A EVOLUÇÃO DAS EXIGÊNCIAS DE ISOLAMENTO TÉRMICO EM PORTUGAL

A evolução da regulamentação afinou os requisitos energéticos nos edifícios de habitação. Os valores dos coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis, $U_{\text{máx}}$ tornaram-se mais exigentes ao longo dos anos, refletindo-se na espessura do isolamento térmico das habitações.

O Quadro 6 apresenta a evolução dos valores de $U_{\text{máx}}$ de acordo com as zonas climáticas I_1 , I_2 e I_3 , para os diferentes anos: 1990, 2006, 2013 e 2015. Através de uma primeira análise do Quadro 6 verifica-se que os valores de $U_{\text{máx}}$, para cada zona climática, não se alteram com a atualização do antigo RCCTE, ou seja de 1990 para 2006. Observa-se ainda que, com a entrada em vigor do REH, ou seja de 2006 para 2013, os valores de $U_{\text{máx}}$ de elementos em zona corrente em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com $b_{tr} > 0,7$, apenas sofreram alterações para as paredes em zona climática I_1 , diminuindo de $1,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ para $1,75 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, tornando-se ligeiramente mais exigentes. Para as restantes zonas climáticas não se verificam alterações. A maior variação verificada nos valores de $U_{\text{máx}}$ de elementos em zona corrente em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com $b_{tr} > 0,7$ acontece com a entrada em vigor da Portaria nº 379-A/2015. Os valores de $U_{\text{máx}}$ para elementos em zona corrente em contacto com outros edifícios ou com espaços não úteis com $b_{tr} \leq 0,7$ mantêm-se constantes ao longo dos anos, apesar de variarem em função da zona climática, sendo mais exigentes na zona I_3 .

Quadro 6 – Evolução dos valores de $U_{\text{máx}}$ em função da zona climática ao longo do tempo

Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos		Zona Climática											
		I_1				I_2				I_3			
$U_{\text{máx}} [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})]$		1990	2006	2013	2015	1990	2006	2013	2015	1990	2006	2013	2015
Zona corrente da envolvente em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr} > 0,7$	Paredes	1,80	1,80	1,75	0,50	1,60	1,60	1,60	0,40	1,45	1,45	1,45	0,35
	Pavimentos e Coberturas	1,25	1,25	1,25	0,40	1,00	1,00	1,00	0,35	0,90	0,90	0,90	0,30
Zona corrente da envolvente em contacto com outros edifícios ou com espaços não úteis com coeficiente de perdas $b_{tr} \leq 0,7$	Paredes	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,90	1,90	1,90	1,90
	Pavimentos	1,65	1,65	1,65	1,65	1,30	1,30	1,30	1,30	1,20	1,20	1,20	1,20
Nota: Apenas se abordam os valores dos $U_{\text{máx}}$ de elementos opacos em Portugal Continental, não se fazendo referência nem aos valores dos $U_{\text{máx}}$ de vãos envidraçados nem das Regiões Autónomas.													

Construíram-se os gráficos representados nas Figuras 5 e 6 que apresentam a evolução dos valores de $U_{\text{máx}}$ para os diferentes elementos construtivos, para elementos em zona corrente em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com $b_{tr} > 0,7$ e para elementos em zona corrente em contacto com outros edifícios ou com espaços não úteis com $b_{tr} \leq 0,7$, respetivamente.

Note-se que apenas se representou para a zona climática I_1 .

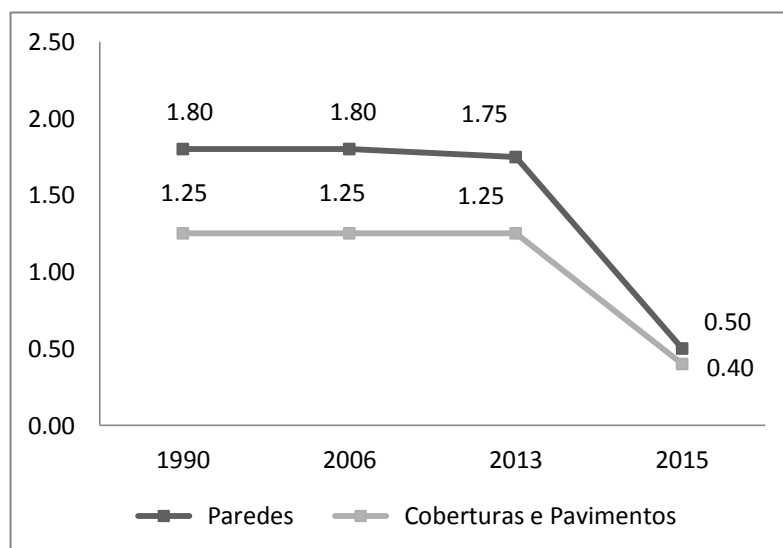


Fig. 5 – Evolução dos valores de U_{\max} de paredes, pavimentos e coberturas em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com $btr > 0,7$ para a zona climática I₁

O valor do U_{\max} para as paredes, coberturas e pavimentos diminuiu ao longo dos anos, tornando-se cada vez mais rigorosa a utilização de isolamento térmico em Portugal. Ainda assim, verifica-se que a maior discrepância acontece com a mais recente atualização do REH, ou seja de 2013 para 2015.

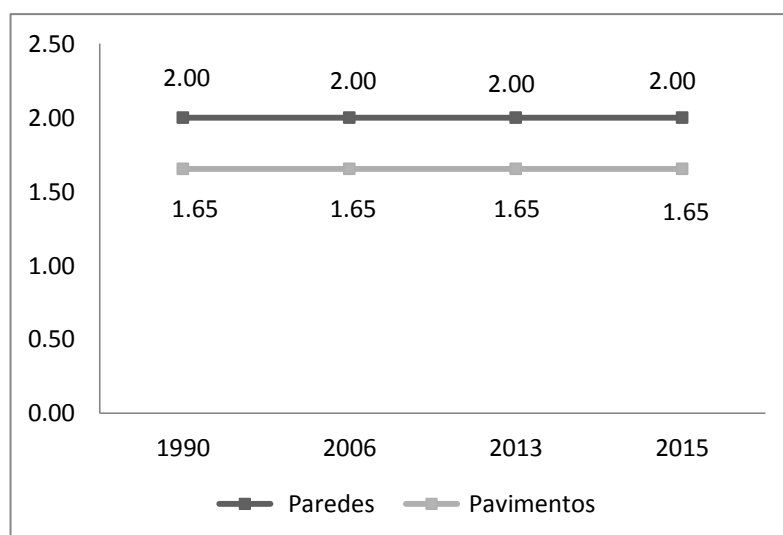


Fig. 6 – Evolução dos valores de U_{\max} de paredes e pavimentos em contacto com outros edifícios ou com espaços não úteis com $btr \leq 0,7$ para a zona climática I₁

Neste caso, o valor de $U_{\text{máx}}$ não se altera ao longo dos anos, mantendo-se constantes as exigências de isolamento térmico.

3.4. SÍNTESE DO CAPÍTULO

Desde 1990, com a entrada em vigor do primeiro documento regulamentar no âmbito da térmica de edifícios, que estes documentos se têm tornado uma mais-valia para o setor da construção. Além de melhorarem as condições de conforto térmico dos edifícios, estes documentos permitiam, estabelecendo requisitos térmicos na fase de projeto, reduzir o consumo de energia dos edifícios em Portugal e consequentemente os custos que lhe estavam associados. Estes objetivos eram conseguidos, em grande parte, através da imposição de requisitos para os valores dos coeficientes de transmissão térmica superficiais (U), recorrendo-se cada vez mais a materiais de isolamento térmico.

Ao longo dos anos, as preocupações associadas ao consumo de energia nos edifícios começaram a aumentar e os requisitos estabelecidos nos documentos regulamentares sofreram alterações. Deste modo verificou-se uma diminuição dos valores dos coeficientes de transmissão térmica máximos, tornando-se mais exigentes. Com a mais recente atualização da regulamentação observou-se uma redução acentuada desses valores. Após esta atualização, para que sejam cumpridos os requisitos, é necessário recorrer a elevadas espessuras de isolamento térmico.

Assim sendo, com base no estudo efetuado conclui-se que os valores dos coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos tornaram-se cada vez mais exigentes no caso de elementos em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com um coeficiente de perdas $b_{tr} > 0,7$. Verifica-se ainda que, com a nova atualização do REH, a discrepância de valores é muito mais acentuada.

Relativamente aos valores dos coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos de elementos em contacto com outros edifícios ou com espaços não úteis com um coeficiente de perdas $b_{tr} \leq 0,7$, estes não sofrem alterações ao longo do tempo.

A tendência é os valores dos $U_{\text{máx}}$ continuarem a diminuir, tornando-se cada vez mais exigentes ao longo dos anos, em correspondência com as crescentes preocupações associadas ao consumo de energia no setor. Porém, para uma construção sustentável é necessário conseguir atingir um equilíbrio entre o consumo de energia dos edifícios e as exigências de isolamento.

4

MODELOS DE CERTIFICAÇÃO DE MATERIAIS DE ISOLAMENTO TÉRMICO

4.1. INTERESSE E CAMPO DE APLICAÇÃO

A necessidade de economizar energia e consequentemente o aumento das exigências de conforto térmico estabelecidas, atualmente no REH, conduziram a um desenvolvimento considerável da utilização de materiais de isolamento térmico em edifícios.

Os materiais de isolamento térmico começaram então a ser utilizados nos edifícios com maior frequência e de forma generalizada surgindo em diversas aplicações. A procura crescente de materiais que melhorassem o desempenho térmico dos edifícios conduziu ao aparecimento de uma vasta gama de novos produtos com diferentes características, o que tornou a escolha de materiais de isolamento térmico cada vez mais difícil e pouco exigente [19].

A certificação surge da necessidade de criar um sistema que permitisse a caracterização dos materiais de isolamento térmico e que, consequentemente garantisse a sua correta aplicação nos edifícios, sendo normalmente associada à seleção exigencial de materiais de isolamento. O seu principal objetivo é oferecer ao projetista a garantia prévia de que o produto se encontra conforme as normas e possui as características requeridas.

Na presente dissertação são apresentados dois exemplos de modelos de certificação existentes em França (Certificação ACERMI) e em Espanha (Certificação AENOR), o caso da marcação CE e ainda uma proposta de um modelo de certificação de materiais de isolamento térmico para Portugal.

4.2. A CERTIFICAÇÃO ACERMI

A Certificação ACERMI é da responsabilidade da Association pour la Certification des Matériaux Isolants, que assegura a conformidade dos materiais de isolamento térmico com base no *Référentiel pour la certification des produits isolants thermiques*. Este referencial é constituído pelos *Référentiels Produits applicables* e pelos *Cahiers Techniques* elaborados de acordo com as normas aplicáveis e designados ao longo desta dissertação como Referencial do Produto e Cadernos Técnicos, respetivamente.

A ACERMI é constituída pelo *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* (CSTB) e pelo *Laboratoire National de Métrologie et d'Essais* (LNE), entidades que realizam as ações de fiscalização necessárias que conduzem à emissão do certificado.

De um modo geral, são objeto desta certificação:

- Materiais de isolamento térmico fabricados sob a forma de placas, painéis ou rolos;
- Materiais de isolamento térmico a granel;
- Materiais refletantes constituídos por uma ou várias camadas refletantes;

Fazem, por isso, parte desta certificação todos os materiais que permitam melhorar o desempenho térmico dos edifícios [20].

4.2.1. PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO

O processo de certificação de um material de isolamento térmico inicia-se com um pedido de certificação requerido pelo fabricante. Este deverá fazê-lo garantindo que o material de isolamento térmico a certificar é fabricado e comercializado conforme as exigências definidas nos referenciais ou em normas e cumprindo um sistema de gestão da qualidade.

O fabricante deve então criar um sistema de controlo da produção em conformidade com as normas assegurando o cumprimento das condições de fabrico e, portanto, das características certificadas.

O pedido de certificação é ainda acompanhado por uma ficha técnica que inclui a descrição do material de isolamento térmico e onde são apresentadas as suas principais características. Após a receção do pedido de certificação, a ficha técnica do material de isolamento térmico é submetida a uma análise detalhada de modo a confirmar que contém toda a informação necessária e é realizada uma auditoria à unidade de produção. Durante a auditoria são analisados os métodos de produção e são recolhidas amostras que serão submetidas a ensaios e verificações em laboratório. É elaborado um relatório contendo a informação recolhida durante a auditoria.

Finalmente, em resultado das operações de fiscalização efetuadas, estão reunidas as condições para se proceder à emissão do Certificado ACERMI.

Ainda assim, são realizadas inspeções periódicas de modo a garantir que o material de isolamento em causa é comercializado de acordo com as exigências da ACERMI [21].

4.2.2. CARACTERÍSTICAS CERTIFICADAS

As características certificadas e os métodos de ensaio são definidos com base em Normas Europeias Harmonizadas ou em Documentos de Avaliação Europeus. A resistência térmica é sempre certificada. Em opção, podem ser certificadas outras características baseadas em diferentes especificações técnicas, tal como são apresentadas no Quadro 7 [21].

Quadro 7 – Características certificadas e respetivas especificações técnicas (adaptado de [21])

Características	Especificações técnicas
Perfil de adequação ao uso ISOLE	Caderno técnico F
Resistência de serviço R_{cs} e as deformações d_{smin} e d_{smax}	Caderno técnico 5
Módulo de elasticidade de serviço	
Classe de compressibilidade SC1 e SC2	NF P 61-203 (NF DTU 52.10)

Semi-rigidez	NF DTU 20.1 P1-2 (Anexo C)
Emissividade	Avaliação técnica Documentos de aplicação técnica
Capacidade térmica mássica	Caderno técnico 10

4.2.3. PERFIL DE ADEQUAÇÃO AO USO - ISOLE

O perfil de adequação ao uso – ISOLE tem como objetivo facilitar a escolha do material de isolamento térmico, permitindo uma seleção eficaz e adequada às condições a que se destina [22].

O material de isolamento térmico é definido por um conjunto de exigências certificadas – Compressibilidade, Estabilidade dimensional, Comportamento à água, Comportamento mecânico e Permeabilidade ao vapor de água. Cada exigência é designada por uma letra da sigla ISOLE e traduzida por vários níveis de aptidão ao uso, apresentados em síntese no Quadro 8.

Refira-se que o material só pertence a um determinado nível, se satisfizer todas as exigências dos níveis inferiores [2].

Quadro 8 – Níveis ISOLE (adaptado de [22])

I	Compressibilidade 5 Níveis - I ₁ a I ₅
S	Estabilidade dimensional 5 Níveis - S ₁ a S ₅
O	Comportamento à água 3 Níveis - O ₁ a O ₃
L	Comportamento mecânico 4 Níveis - L ₁ a L ₄
E	Permeabilidade a vapor de água 5 Níveis - E ₁ a E ₅

A compressibilidade (I), a estabilidade dimensional (S) e a permeabilidade ao vapor de água (E) são definidas por 5 níveis de aptidão enquanto o comportamento à água (O) e o comportamento mecânico são definidos por 3 e 4 níveis, respetivamente. O perfil de adequação ao uso - ISOLE e a resistência térmica dos materiais de isolamento – R são comparados com os valores mínimos exigidos para uma aplicação específica, tentando garantir a correta aplicação do isolamento térmico. Deste modo, a ACERMI disponibiliza através de quadros, uma visão geral das possíveis aplicações e os respetivos níveis ISOLE mínimos tendo como base as aplicações de isolamento mais comuns.

4.2.3.1. Compressibilidade – I

A compressibilidade designada pela letra “I” caracteriza-se em 5 níveis e representa a deformabilidade do material de isolamento quando sujeito a ações de compressão [23].

O Quadro 9 apresenta as exigências associadas a cada nível.

Quadro 9 – Níveis e exigências associados à compressibilidade (I) (adaptado de [22])

Nível	Exigências
I ₁	$(d_5 - d_{10}) / d_5 \leq 0,25$ (média das 5 medições)
	$(d_5 - d_{10}) / d_5 \leq 0,35$ (para cada medição)
I ₂	SC2 _b
I ₃	SC2 _a
I ₄	SC1 _b
I ₅	SC1 _a

Em que:

d_5 [m] – Espessura medida em 5 pontos de duas amostras após aplicação de uma carga distribuída de $50 \pm 1,5$ Pa, segundo a norma NF EN 823;

d_{10} [m] – Espessura medida em 5 pontos de duas amostras após aplicação de uma carga distribuída de $100 \pm 1,5$ Pa, segundo a norma NF EN 823

SC1a SC1b SC2a SC2b – Classe de compressibilidade da camada de isolamento térmico sob betonilha, pavimento flutuante ou revestimento cerâmico, de acordo com a norma NF DTU 52.10 P1-2 de Junho de 2013, sendo os métodos de ensaios definidos no Caderno técnico 6. Esta classificação representa a variação de espessura dos provetes quando submetidos a diferentes cargas.

4.2.3.2. Estabilidade Dimensional - S

A estabilidade dimensional designada pela letra “S” caracteriza-se em 5 níveis e representa a variação das dimensões sob influência das variações de temperatura e humidade [23]. O Quadro 10 apresenta as exigências associadas a cada nível.

Quadro 10 – Níveis e exigências associados à estabilidade dimensional (S) (adaptado de [22])

Nível	Exigências
S ₁	$ \Delta\epsilon _{23^\circ\text{C}} + \Delta\epsilon _{30 \text{ a } 90\% \text{ HR}} \leq 0,01$ [m/m]
S ₂	$G \cdot \Delta\epsilon _{23^\circ\text{C}} \cdot d \leq 400$ [Pa·m]
S ₃	$ \Delta\epsilon _{48\text{h a } 70^\circ\text{C}} \leq 0.004$ [m/m]
S ₄	$(50 \cdot \alpha + \Delta\epsilon _{48\text{h a } 70^\circ\text{C}} + \Delta\epsilon _{30 \text{ a } 90\% \text{ HR}}) \cdot G \leq 15 \times 10^3$ [Pa]
S ₅	Se dimensões do produto $\leq 500 \times 500 \text{ mm}^2$
	$ \Delta\epsilon _{48\text{h a } 70^\circ\text{C}} \leq 0.003$ [m/m]
	Se dimensões do produto $> 500 \times 500 \text{ mm}^2$
	$ \Delta\epsilon _{23^\circ\text{C}} \leq 0,0015$ [m/m] $ \Delta\epsilon _{48\text{h a } 70^\circ\text{C}} \leq 0,0025$ [m/m]

Em que:

d [m] – Espessura do isolamento

G [Pa] – Módulo de elasticidade transversal, de acordo com a norma NF EN 12090

α – Coeficiente de dilatação térmica linear (α é dado por $6 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)

$|\Delta\epsilon|_{23^\circ\text{C}}$ [m/m] – variação dimensional, em comprimento e largura, depois de submetido às condições higrotérmicas de 23°C de temperatura e 50% de humidade relativa de acordo com a norma EN 1603, tomando o valor máximo de $\Delta\epsilon_l$ e $\Delta\epsilon_b$ (máximo entre as variações em comprimento e largura).

O critério de paragem (diferença máxima de 0,05% entre duas medidas consecutivas) corresponde a uma variação total de 0.5%.

$|\Delta\epsilon|_{48\text{h a } 70^\circ\text{C}}$ [m/m] – variação dimensional, em comprimento e largura, após aquecimento a 70°C durante 48h de acordo com a norma EN 1603, tomando o valor máximo de $\Delta\epsilon_l$ e $\Delta\epsilon_b$ (máximo entre as variações em comprimento e largura)

$|\Delta\epsilon|_{30 \text{ a } 90\% \text{ HR}}$ [m/m] – variação dimensional, em comprimento e largura, obtida da diferença entre dois ambientes à temperatura de 23°C e humidade relativa de 30% e 90% de acordo com a norma EN 1603, considerando uma estabilização relativa entre os dois ambientes, tomando o valor máximo de $\Delta\epsilon_l$ e $\Delta\epsilon_b$ (máximo entre as variações em comprimento e largura).

Considera-se estabilizado se a variação máxima durante 7 dias de $\Delta\epsilon_l$ e $\Delta\epsilon_b$ é inferior a 0,05%.

Note-se que para espessuras superiores a 120 mm, o nível S_3 é satisfeito sem ter que satisfazer o nível S_2 .

4.2.3.3. Comportamento à Água – O

O comportamento à água designado pela letra “O” caracteriza-se em 3 níveis e representa o comportamento em relação à água, nomeadamente a capacidade de absorção de água e a respetiva impermeabilidade [23]. O Quadro 11 apresenta as exigências associadas a cada nível.

Quadro 11 – Níveis e exigências associados ao comportamento à água (O) (adaptado de [22])

Nível	Exigências
O_1	$\Delta d/d < 7,5 \text{ } [\%]$
	$E_p < 15 \text{ } [\%]$
	$E_v < 1,5 \text{ } [\%]$
O_2	$W_p < 1,0 \text{ } [\text{Kg}/\text{m}^2]$
O_3	$W_p < 2,0 \text{ } [\text{Kg}/\text{m}^2]$

Em que:

$\Delta d/d$ [%] – Variação da espessura após humidificação parcial

E_p [%] – Higroscopicidade, em peso

E_v [%] – Higroscopicidade, em volume

W_p [Kg/m²] – Absorção de água por imersão parcial (24h), medida segundo a norma NF EN 1609

A variação de espessura após humidificação parcial ($\Delta d/d$) é determinada através da realização de um ensaio em três amostras de 350x350 mm, sem revestimento superficial. O ensaio consiste em medir a variação de espessura entre o estado seco inicial e o estado seco após humidificação. A medição da espessura é realizada de acordo com a norma EN 823 nas três amostras.

O ensaio inicia-se com a medição da espessura das amostras em estado seco inicial (d_i) sobre uma pressão de $50 \pm 1,5$ Pa. Em seguida, as amostras são colocadas sobre uma superfície plana e perfurada ou uma grelha sendo pulverizadas uniformemente com água afastada de um metro na vertical das amostras. Este processo tem a duração de 12 ± 2 minutos, sendo a quantidade de água igual a $1 \pm 0,1$ Litros. As amostras são secas num forno a 50°C até atingirem uma massa constante. Por fim, efetua-se a medição da espessura final das amostras (d_h).

A variação da espessura [mm] e a percentagem de variação [%] calculam-se através das equações (4) e (5), respetivamente.

$$\Delta d = d_i - d_h \quad (4)$$

$$\frac{\Delta d}{d} = \frac{d_i - d_h}{d_i} \times 100 \quad (5)$$

O resultado é a média das percentagens de variação das três amostras.

Relativamente à higroscopicidade em peso e em volume, estas são determinadas através de ensaios baseados numa Norma Europeia específica. Os ensaios destinam-se a avaliar a natureza higroscópica de um material de isolamento através da medição das variações de massa entre dois ambientes à temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ e humidade relativa $90 \pm 5\%$ e $20 \pm 5\%$.

As amostras são constituídas por prismas quadrangulares de 250 mm de lado com espessura igual à espessura média produzida. Para cada ambiente é preparado um conjunto de três amostras de três painéis ou mantas diferentes. As amostras são então pesadas imediatamente antes de serem submetidas aos ambientes acima referidos. Em seguida, um conjunto de três amostras é colocado à temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ e humidade relativa de $90 \pm 5\%$, sendo o outro conjunto colocado à temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ e humidade relativa de $20 \pm 5\%$.

A variação de massa em relação ao volume de cada amostra é dada pela equação (6), em que p é expresso em Kg e v em m³.

$$\frac{1}{10} \cdot \frac{\Delta p}{v} \quad (6)$$

A higroscopicidade em volume [%], E_v é traduzida pela equação (7).

$$E_v = \left(\frac{1}{3} \cdot \sum \frac{1}{10} \cdot \frac{\Delta p}{v} \right)_{90\%} - \left(\frac{1}{3} \cdot \sum \frac{1}{10} \cdot \frac{\Delta p}{v} \right)_{20\%} \quad (7)$$

A higroscopicidade em peso [%], E_p é traduzida pela equação (8), em que ρ_a corresponde à massa volúmica expressa em Kg/m^3 .

$$E_p = \frac{E_v}{\rho_a} \quad (8)$$

4.2.3.4. Comportamento Mecânico - L

O comportamento mecânico designado pela letra “L” caracteriza-se em 4 níveis e representa o comportamento mecânico do material quando sujeito a ações de tração. O Quadro 12 apresenta as exigências associadas a cada nível.

Quadro 12 – Níveis e exigências associados ao comportamento mecânico (L) (adaptado de [22])

Nível	Exigências
L ₁	$F_m > P$ [N]
L ₂	$d \leq 0,12$ [m]
	$r_{mt} > 50$ [KPa]
L ₃	$r_{mt} > 120$ [KPa]
	$r_{mt} > 150$ [KPa]
L ₄	$r_{mt} > 180$ [KPa]

Em que:

P [N] – Peso correspondente a 10 m para materiais de isolamento térmico em rolo ou a 3 painéis diferentes para materiais de isolamento térmico em painéis

F_m [N] – Força de tração máxima registada, de acordo com a norma NF EN 1608

d – Deformação por peso próprio, de acordo com a norma NF DTU 20.1 P1-2 (Anexo C)

r_{mt} [KPa] – Resistência à tração máxima correspondente à coesão interna da amostra, obtida por tração perpendicular às faces e dividida pela área da amostra, segundo a norma NF EN 1607

Note-se que as exigências para L₁, L₃ e L₄ devem ser garantidas por, pelo menos 4 de 5 provetes.

4.2.3.5. Permeabilidade ao Vapor de Água

A permeabilidade ao vapor de água designado pela letra “E” caracteriza-se em 5 níveis e representa a capacidade do material de isolamento se opor à passagem de vapor de água [23]. O Quadro 13 apresenta as exigências associadas a cada nível.

Note-se que qualquer obra deve ser concebida de modo a que não haja condensações no interior ou na superfície das paredes, devendo por isso ter em conta a permeância ou a resistência ao vapor de água dos componentes da parede. Essas regras de conceção estão incluídas no DTU, nos AT ou outras regras de conceção do edifício

Quadro 13 – Níveis e exigências associados à permeabilidade ao vapor de água (E) (adaptado de [22])

Nível	Exigências		
E ₁	$R_d \leq 0,44$	$P_e \geq 2,27$	$S_d \leq 0,3$
E ₂	$0,44 < R_d \leq 2,22$	$0,45 \leq P_e < 2,27$	$0,3 < S_d \leq 1,5$
E ₃	$2,22 < R_d \leq 8,85$	$0,113 \leq P_e < 0,45$	$1,5 < S_d \leq 6$
E ₄	$8,85 < R_d \leq 133$	$0,0075 \leq P_e < 0,113$	$6 < S_d \leq 90$
E ₅	$R_d > 133$	$P_e < 0,0075$	$S_d > 90$

Em que:

R_d [$\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa} / \text{mg}$] – Resistência à difusão do vapor de água, determinada segundo a norma NF EN 12086

P_e [$\text{mg} / \text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}$] – Permeância ao vapor de água, definida de acordo com a equação (9).

$$Pe = \frac{\delta_{ar}}{e \times \mu} \quad (9)$$

$\delta_{ar} = \pi_{ar}$ [$\text{mg} / \text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}$] – Coeficiente de permeabilidade ao vapor de água do ar, de acordo com a norma NF EN 12086

μ – Fator de resistência à difusão do vapor de água, de acordo com a norma NF EN 12086

e [m] – Espessura do isolamento

S_d [m] – Espessura da camada de ar de difusão equivalente, definida de acordo com a equação (10).

$$Sd = \mu \times e = Rd \times \delta_{ar} \quad (10)$$

4.2.4. MARCAÇÃO E ETIQUETAGEM

É colocada uma etiqueta informativa em cada material de isolamento térmico certificado.

Na Fig. 7 é apresentado um exemplo de uma etiqueta informativa da certificação ACERMI. Neste caso, a etiqueta ACERMI vem acompanhada da marcação CE.


CE Name or identifying mark
Manufacturer's registered address
Last 2 digits of the year in which the CE mark was applied
CE compliance certificate no.

Notified body no. XXXX Type code

Euroclass A2 s1 - d0	R_D m ² .K/W 1,35	λ_D W/(m.K) 0,038
Thickness mm 50	Length mm 1200	Width mm 1000
m ² /pack 3,60	Pieces per pack 3	

PRODUCT NAME

Checking no. + Prod. Plant

 02/000/YYY/93
www.acermi.com

Technical notice no. 5/00-1455

Fig. 7 – Etiqueta informativa da certificação ACERMI [24]

A etiqueta informativa deve fornecer as seguintes informações:

- Marca ACERMI
- A designação “CERTIFICAT ACERMI”
- O número do certificado composto pelo ano de atribuição do certificado com dois dígitos (AA), a identificação do fabricante com três dígitos (XXX) e o n° de ordem cronológica por tipo de certificado (YYY), obtendo-se um número de certificado com a seguinte configuração AA/XX/YYY
- Um código de fabrico (opcional) permitindo identificar a unidade de produção, o lote de fabrico e a data de fabrico. Este código é definido pelo fabricante e comunicado ao organismo de certificação

Estas são as informações base da etiqueta ACERMI [25].

Para materiais e produtos destinados ao isolamento térmico de edifícios sob a forma de painéis ou rolos, para além da informação base, a etiqueta informativa contém as seguintes informações:

- Perfil de adequação ao uso – ISOLE
- A resistência em serviço (R_{cs} , ds_{min} , $ds_{máx}$)
- A classe SC1 ou SC2 acompanhada pela letra a ou b
- O valor da emissividade para produtos refletantes
- A resistência térmica
- Se necessário, a referência à Avaliação Técnica ou ao Documento de Aplicação Técnica

4.3. A CERTIFICAÇÃO AENOR

A certificação AENOR destina-se a produtos e serviços e é reconhecida pela Asociación Española de Normalización y Certificación através da atribuição da marca AENOR.

A marca AENOR assegura a conformidade de um determinado produto com as normas UNE e EN ou, em ausência destas poderá assegurar-se a conformidade através das normas internacionais ISO ou outras especificações técnicas. É aplicada em materiais de isolamento térmico desde 1992 e constitui uma ferramenta essencial para diferenciar e destacar a qualidade dos materiais de isolamento térmico.

A certificação de materiais de isolamento térmico é da responsabilidade do Comité Técnico de Certificação designado por AEN/CTC-020 que em colaboração com outras associações asseguram o conhecimento técnico necessário.

Atendendo a que a certificação AENOR não é a base do modelo de certificação proposto nesta dissertação, o processo de certificação não é detalhado.

4.3.1. PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO

O processo inicia-se com o pedido de certificação do produto por parte do fabricante. Este pedido deve ser acompanhado por um documento com a informação geral do fabricante e ainda um documento com a descrição do produto a certificar.

Em seguida, é efetuada uma auditoria inicial ao sistema de gestão de qualidade da unidade de produção de modo a comprovar que este é implementado nas instalações do fabricante. No caso da unidade de produção já ser reconhecida por uma certificação do sistema de gestão de qualidade ou se a empresa possui outros produtos com certificação AENOR, a realização da auditoria é dispensável.

Para além da auditoria inicial, a AENOR realiza uma inspeção inicial ao produto e ao sistema de produção. Nesta inspeção a AENOR verifica se o autocontrolo do fabricante em relação ao produto é efetuado de forma adequada, assiste à realização de ensaios em amostras aleatórias e ainda elege amostras para realizar ensaios laboratoriais.

Todas as informações recolhidas após a auditoria e a realização dos ensaios são submetidas a uma avaliação com o objetivo de aplicar a certificação.

A auditoria anual do sistema de gestão de qualidade juntamente com a inspeção anual da unidade de produção e a realização anual de ensaios conduzem à aplicação da marca AENOR a um determinado material de isolamento térmico.

4.3.2. MARCAÇÃO E ETIQUETAGEM

Os materiais de isolamento térmico certificados devem apresentar uma etiqueta de acordo com a Fig. 8, sendo que na parte inferior deve ser especificado “Aislante Térmico”. Uma vez certificado pela AENOR, o material de isolamento térmico não pode ser comercializado sem esta etiqueta. As informações suplementares devem ser inseridas numa etiqueta adicional [26].



Fig. 8 – Etiqueta AENOR
[27]

4.4. MARCAÇÃO CE

A marcação CE de um produto da construção permite a sua livre circulação e comercialização no Espaço Económico Europeu. Assim, quando aplicada a um produto da construção não são exigidas quaisquer outras marcas, certificados ou mesmo ensaios adicionais para comprovar as suas características.

A marcação CE é aplicada nos produtos da construção pelos seus fabricantes que elaboram uma declaração de desempenho para esse produto aquando da sua colocação no mercado. A declaração de desempenho deve descrever o desempenho dos produtos de construção relativamente às suas características essenciais, de acordo com as especificações técnicas harmonizadas aplicáveis. Portanto, quando um fabricante põe a marcação CE a um produto, tal significa que está a garantir que o desempenho do produto que está a vender é o mesmo do que está a declarar e que tal desempenho foi obtido utilizando a especificação técnica europeia adequada. As especificações técnicas referidas anteriormente, que estão na base da aposição da marcação CE para os produtos de construção, são basicamente de dois tipos: Normas Europeias Harmonizadas ou Avaliações Técnicas Europeias. As Normas Europeias Harmonizadas são normas de características de produtos elaboradas pelo Comité Europeu de Normalização (CEN), sob mandato da Comissão Europeia. Salienta-se que a marcação CE para uma dada família de produtos coberta por uma Norma Europeia Harmonizada só é possível após a publicação da referência da norma em questão no Jornal Oficial da União Europeia. Aquando dessa publicação, a Comissão Europeia define, para cada norma, as data de início e final do período de coexistência, ou seja, respetivamente, a data a partir da qual a marcação CE já é possível mas em que ainda podem circular produtos sem aquela marcação e a data em que todos os produtos por ela abrangidos deverão ter aquela marcação. As informações relevantes para a marcação CE constam do anexo ZA de cada norma. As Avaliações Técnicas Europeias são apreciações técnicas favoráveis da aptidão ao uso dos produtos, e destinam-se, quer aos produtos inovadores, para os quais não existam normas europeias harmonizadas publicadas ou cuja publicação esteja prevista num espaço de tempo razoável, quer ainda a produtos que se afastem significativamente daquelas normas. As Avaliações Técnicas Europeias têm um período de validade de cinco anos e são publicadas por organismos designados para o efeito pelos respetivos Estados-membros, os quais se agrupam na Organização Europeia de Aprovação Técnica (EOTA – European Organisation for Technical Approvals) [28].

4.4.1. PROCESSO DE CERTIFICAÇÃO

Para aposição da marcação CE em produtos da construção o fabricante é responsável pela avaliação do desempenho do produto assim como pela aplicação do controlo de produção em fábrica. Em resultado, permite verificar que o desempenho do produto não se altera ao longo do tempo.

Para iniciar o processo de certificação o fabricante deve identificar o tipo de produto, definindo as suas potenciais aplicações e fins a que se destina. Posteriormente deve confrontar o Jornal Oficial da União Europeia procurando saber se o produto é abrangido por uma Norma Europeia Harmonizada. Quando isso não se verifica, o fabricante pode, voluntariamente apor a marcação CE ao mesmo, baseando-se em Documentos de Avaliação Europeus. Deve então verificar se o seu produto é abrangido por um Documento de Avaliação Europeu existente. Se o produto estiver incluído no âmbito de aplicação de um destes documentos o fabricante pode pedir a um Organismo de Avaliação Técnica para avaliar o seu produto a fim de lhe poder apor a marcação CE. No caso do produto não se inserir no âmbito de aplicação de qualquer um dos Documentos de Avaliação Europeus, o fabricante pode solicitar a um Organismo de Avaliação Técnica que elabore um Documento de Avaliação Europeu. Este processo levará mais tempo do que se já existir um Documento de Avaliação Europeu disponível para o produto a certificar. Com base no Documento de Avaliação Europeu, o Organismo de Avaliação Técnica emite um documento designado Avaliação Técnica Europeia.

A avaliação do produto é feita através da definição do seu desempenho, assente numa lista de características, denominadas características essenciais. Esta lista pode ser consultada no anexo ZA das Normas Europeias Harmonizadas ou nos Documentos de Avaliação Europeus. Depois de ter a lista das características essenciais relevantes para o seu produto, o fabricante deve verificar os procedimentos que tem de seguir para declarar o desempenho de cada característica essencial, tais como métodos de ensaio ou valores tabelados a cumprir. Contudo, em cada país existem exigências diferentes para as características essenciais e o fabricante pode decidir que algumas características essenciais não são relevantes para o seu produto [29].

4.4.1.1. Avaliação e Verificação da Regularidade do Desempenho

O processo de verificação dos procedimentos em fábrica e avaliação do desempenho do produto designa-se por Avaliação e Verificação da Regularidade do Desempenho. O sistema AVR D divide-se em cinco subsistemas de avaliação de conformidade, designadamente 1+, 1, 2+, 3 e 4, sendo que o subsistema a aplicar depende das características essenciais. O sistema de Avaliação e Verificação da Regularidade do Desempenho aplicável a cada característica essencial exigirá, em alguns casos, que um Organismo Notificado efetue algumas tarefas adicionais [29].

No Quadro 14, apresentam-se de forma simplificada as tarefas a realizar pelo fabricante e pelo Organismo Notificado, consoante o subsistema de AVR D.

Quadro 14 – Sistema de avaliação e verificação da regularidade do desempenho (adaptado de [29])

	SISTEMA DE AVALIAÇÃO E VERIFICAÇÃO DA REGULARIDADE DO DESEMPENHO				
	1+	1	2+	3	4
Controlo da produção em fábrica	Fabricante	Fabricante	Fabricante	Fabricante	Fabricante
Ensaio adicionais de amostras colhidas pelo fabricante	Fabricante	Fabricante	Fabricante		
Avaliação do desempenho	Organismo Notificado	Organismo Notificado	Fabricante	Organismo Notificado	Fabricante
Inspeção inicial (incluindo unidade de produção e controlo da produção em fábrica)	Organismo Notificado	Organismo Notificado	Organismo Notificado		
Acompanhamento, apreciação e avaliação do controlo da produção em fábrica	Organismo Notificado	Organismo Notificado	Organismo Notificado		
Auditoria (ensaio aleatório de amostras colhidas pelo Organismo Notificado)	Organismo Notificado				

No caso da certificação de materiais de isolamento térmico o subsistema aplicado é o 3. Em que o fabricante é responsável pelo controlo da produção em fábrica e o organismo certificado pela avaliação do desempenho do material.

4.4.1.2. Código de avaliação único

Assim que a avaliação estiver concluída, o fabricante deve atribuir um código ao seu produto. O nome deste código é “Código Único de Identificação Único de Produto-Tipo” e está ligado ao tipo de produto que é fabricado e ao desempenho das suas características essenciais. Se for desenvolvido um novo produto, o fabricante deverá atribuir-lhe um novo código de identificação único e, no caso de o desempenho de um produto se alterar, deve também alterar o código [29].

4.4.1.3. Declaração de Desempenho do Produto

O primeiro documento que o fabricante tem de elaborar, com base nas informações recolhidas, é a Declaração de Desempenho do Produto. É o documento mais importante de apoio à marcação CE, porque contém informação completa sobre o fabricante, o produto e o seu desempenho. A etiqueta da marcação CE incluirá apenas um resumo das informações contidas na declaração de desempenho.

A declaração é elaborada de acordo com as instruções publicadas no Jornal Oficial da União Europeia.

Se o fabricante pretender vender os seus produtos noutros países da UE, terá de traduzir a declaração de desempenho para todas as línguas exigidas pelos Estados-Membros em que o produto vai ser vendido [29].

4.4.2. MARCAÇÃO E ETIQUETAGEM

Com base na declaração de desempenho é possível elaborar a etiqueta de marcação CE. A marcação CE deve ser aposta de modo visível, legível e indelével no produto de construção ou numa etiqueta a ele fixada. Se a natureza do produto não o permitir ou justificar, a marcação CE deve ser aposta na embalagem ou nos documentos de acompanhamento. Note-se que a presença do símbolo “CE” permite identificar instantaneamente que o produto é alvo da marcação CE.

A Fig. 9 apresenta o símbolo “CE” utilizado para a marcação do produto.



Fig. 9 – Marcação “CE”

O Quadro 15 descreve o conteúdo das informações que acompanham a marcação CE.

Quadro 15 – Informações que acompanham a marcação CE (adaptado de [29])

MARCAÇÃO CE
Símbolo "CE"
Os últimos algarismos do ano em que foi aposta pela primeira vez esta marcação CE específica
O nome e o endereço registrado do fabricante, ou uma marca distintiva que permita identificar facilmente o nome e endereço do fabricante
O “Código Único de Identificação Único do Produto-Tipo”, inequívoco, que ligará a marcação CE à declaração de desempenho e ao desempenho declarado
Caso o “Código Único de Identificação Único do Produto-Tipo” não seja o mesmo do número de referência da declaração de desempenho, deve também incluir este número (Ambos têm finalidades semelhantes)
O desempenho declarado do produto indicando o valor declarado das características essenciais
Referência à norma harmonizada ou ao Documento de Avaliação Europeu utilizados para avaliar o produto
O número de identificação do Organismo Notificado, se as características essenciais do produto estiverem sujeitas aos sistemas de AVR 1, 1+, 2+ ou 3
As informações relevantes sobre a utilização ou utilizações previstas
Se a declaração de desempenho estiver disponível num sítio Web, deve incluir o sítio Web que aloja o documento

4.4.3. CONDUTIBILIDADE TÉRMICA DECLARADA

No âmbito da marcação CE dos produtos da construção, em particular no que respeita aos isolamentos térmicos, os fabricantes declaram um valor da condutibilidade térmica ou da resistência térmica que se denominam de valores declarados.

O valor declarado representa um valor espetável da condutibilidade térmica de um material ou produto nas seguintes condições convencionais:

- Determinado com base em resultados de ensaios realizados em condições definidas de referência (temperatura média e teor de água de equilíbrio em ambiente normalizado);
- Correspondente a um percentil e nível de confiança definidos;
- Representativo de uma vida útil aceitável, em condições normais de utilização.

No caso dos isolantes térmicos, os valores declarados pelos fabricantes no âmbito da marcação CE são os valores da condutibilidade térmica que, com um nível de confiança de 90%, em média não são ultrapassados por 90% do produto colocado no mercado.

Os valores de base são referenciados a uma temperatura média de ensaio de 10°C, e a um teor de água de equilíbrio num ambiente com 23°C de temperatura e 50% de humidade relativa.

A vida útil assumida é de 25 anos, pelo que o valor declarado de alguns produtos de isolamento térmico que perdem as características ao longo do tempo é definido com base em resultados de ensaios realizados sobre amostras submetidas a um “envelhecimento acelerado” prévio, nomeadamente definido em normalização europeia relevante [30].

4.5. ANÁLISE COMPARATIVA

Com base nos modelos de certificação apresentados anteriormente, faz-se agora uma análise comparativa às suas vantagens com o objetivo de propor um modelo de certificação aplicável em Portugal.

Assim sendo, verifica-se que a certificação ACERMI possui um conjunto de vantagens que a distingue das outras certificações. Além de certificar as características definidas em Normas Europeias Harmonizadas ou em Documentos de Avaliação Europeus, permite certificar outras características necessárias para garantir a qualidade de determinados materiais de isolamento térmico. Esta certificação está associada a um perfil de adequação ao uso o que permite uma escolha mais criteriosa dos materiais de isolamento térmico. Ainda assim, a etiqueta informativa é de simples compreensão e possui a informação necessária, ainda que sintetizada, de modo a facilitar na escolha e na comparação de materiais de isolamento térmico.

A certificação AENOR é uma certificação mais simples baseada apenas nas características definidas em Normas Europeias Harmonizadas ou em Documentos de Avaliação Europeus, impondo apenas que o material respeite essas características. Esta certificação não está associada a nenhum perfil de adequação ao uso, sendo a escolha do material de isolamento da responsabilidade do projetista que não possui nenhum documento de referência. Apesar dos materiais serem certificados, a sua aplicação pode não ser a mais correta. A etiqueta informativa obrigatória dá apenas a indicação de que o produto é certificado pela AENOR [19].

Relativamente à marcação CE, esta é bastante vantajosa para a livre circulação de materiais de isolamento térmico contudo trata-se de uma certificação pouco exigente, não estando associada a nenhum perfil de adequação ao uso.

Conclui-se então que o modelo de certificação que melhor se aplica neste caso e que possui mais vantagens relativamente às outras é a certificação ACERMI.

4.6. PROPOSTA DE UM MODELO DE CERTIFICAÇÃO

4.6.1. ADAPTAÇÃO DA CERTIFICAÇÃO ACERMI

Como proposta de um modelo de certificação adotou-se a certificação ACERMI, utilizando como base o perfil de adequação ao uso – ISOLE. Assim, adotaram-se as exigências e os níveis de aptidão correspondentes, definidos no Quadro 8. Contudo, com o objetivo de melhorar o processo de escolha e diferenciar os materiais de isolamento térmico definiram-se ainda exigências relativamente à reação ao fogo. Deste modo, o modelo de certificação proposto designa-se por ISOLE_F.

4.6.2. REAÇÃO AO FOGO – F

A reação ao fogo é um indicador do comportamento face ao fogo dos materiais de construção, em termos do seu contributo para a origem e desenvolvimento do incêndio. É portanto, um indicador que caracteriza a maior ou menor facilidade com que os materiais de construção se deixam consumir pelo fogo. Avalia-se pelos resultados de ensaios normalizados a que o material é submetido [31].

Neste modelo de certificação a reação ao fogo é designada pela letra “F”.

Para caracterizar a reação ao fogo dos materiais de isolamento térmico foi necessário abordar a metodologia de classificação do desempenho face ao fogo de produtos da construção. Além disso, foi necessário ter em consideração as exigências de aplicação definidas na regulamentação da segurança contra incêndios, que serão abordadas no *Capítulo 5 – Manual de Seleção Exigencial de Materiais de Isolamento Térmico*.

4.6.2.1. Classificação do Desempenho Face ao Fogo de Produtos da Construção

Para definir os níveis de aptidão associados a esta exigência teve-se como base a Norma NP EN 13501 – Classificação do desempenho face ao fogo de produtos e de elementos de construção [32]. A classificação de desempenho face ao fogo é constituída por uma classificação principal e duas classificações complementares.

Nesta norma, a classificação principal de desempenho face ao fogo divide-se em 7 classes:

- A1: Nenhuma contribuição para o fogo
- A2: Contribuição para o fogo quase nula
- B: Contribuição para o fogo muito limitada
- C: Contribuição para o fogo limitada
- D: Contribuição para o fogo aceitável
- E: Reação ao fogo aceitável
- F: Comportamento não determinado

Para o caso de produtos de construção destinados a revestimentos de pavimentos adota-se as mesmas classes de desempenho face ao fogo com a designação acrescida do índice “FL”.

Existem ainda duas classificações complementares relativas à produção de fumo e à libertação de gotas ou partículas inflamadas. A classificação complementar de produção de fumo representa-se por 3 classes: s1, s2 e s3. A classe s1 é atribuída a materiais cuja combustão tem baixa produção de fumos e a classe s3 a materiais cuja combustão prevê uma produção de fumos mais elevada. A classificação complementar de libertação de gotas ou partículas representa-se também por 3 classes: d0, d1, d2. A classe d0 significa que a combustão do material não produz gotículas nem partículas inflamadas e a classe d2 que produz gotas ou partículas com mais facilidade ou quantidade.

No Quadro 16, apresentam-se de forma sintetizada todas as classes, excluindo pavimentos.

Quadro 16 – Classificações de reação ao fogo de produtos de construção, excluindo revestimento de pisos (adaptado de [32])

Classificações principais	Classificações complementares	
	Produção de fumo	Libertação de gotas ou partículas inflamadas
A1	-	-
A2	s1, s2, s3	d0, d1, d2
B	s1, s2, s3	d0, d1, d2
C	s1, s2, s3	d0, d1, d2
D	s1, s2, s3	d0, d1, d2
E	-	d2 *
F	-	-

* Na classe E, a classificação complementar de libertação de gotas ou partículas inflamadas pode não apresentar nenhuma classificação ou apresentar a classificação d2.

No Quadro 17 apresentam-se de forma sintetizada as classes referentes aos pavimentos. Note-se que os produtos de construção destinados a revestimento de pavimentos só possuem a classificação complementar de produção de fumos e apenas com duas classes – s1 e s2.

Quadro 17 – Classificações de Reação ao fogo de revestimentos de piso (adaptado de [32])

Classificações principais	Classificações complementares
	Produção de fumo
A _{1FL}	-
A _{2FL}	s1, s2
B _{FL}	s1, s2
C _{FL}	s1, s2
D _{FL}	s1, s2
E _{FL}	-
F _{FL}	-

Importa ainda compreender o grau de exigência associado a cada classe, representado graficamente nas Figuras 10, 11 e 12.

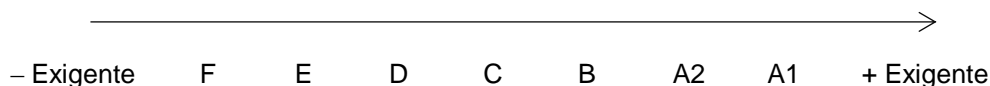


Fig. 10 – Grau de exigência das classificações principais

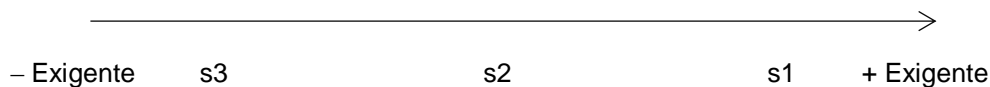


Fig. 11 – Grau de exigência das classificações complementares de produção de fumo

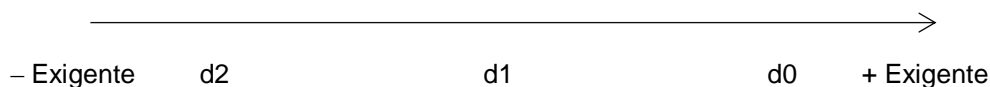


Fig. 12 – Grau de exigência das classificações complementares de Libertação de gotas ou partículas inflamadas

Salienta-se que, no que diz respeito à classificação principal, a classe mais exigente de desempenho face ao fogo é a A1 contrariamente à classe F que se apresenta como a menos exigente. Relativamente às classificações complementares, as classes s1 e d0 são as mais exigentes, sendo as classes s3 e d2 as menos exigentes.

4.6.2.2. Exigências de Aplicação Definidas na Regulamentação da Segurança Contra Incêndios

A Portaria nº 1532/2008 [33] define os níveis mínimos exigidos do desempenho face ao fogo de revestimentos exteriores, de vias de evacuação e câmaras corta-fogo e de locais de risco.

As exigências de reação ao fogo dos revestimentos exteriores variam, nas fachadas, em função do tipo de solução adotada, da altura dos edifícios e das condições do elemento de suporte do revestimento. Nas coberturas em terraço, só a altura do edifício condiciona as exigências de reação ao fogo. De referir que a severidade dos níveis exigidos aumenta com o aumento da altura do edifício. Para garantir as exigências o nível a adotar deverá ser igual ao superior ao indicado nos quadros.

No Quadro 18 são definidas as exigências de reação ao fogo de revestimentos exteriores sobre fachadas, caixilharias e estores. Para garantir as exigências o nível deverá ser igual ou superior ao indicado.

Quadro 18 – Reação ao fogo de revestimentos exteriores sobre fachadas, caixilharias e estores (adaptado de [33])

Altura H	Fachadas sem aberturas	Fachadas com aberturas	
	Revestimentos	Revestimentos e elementos transparentes	Caixilharia e estores ou persianas
$H \leq 28 \text{ m}$	D s3 d1	C s2 d0	D s3 d0
$H > 28 \text{ m}$	C s3 d1	B s2 d0	C s3 d0

No Quadro 19 são definidas as exigências de reação ao fogo de elementos de revestimento exterior descontínuo fixados mecanicamente criando uma caixa-de-ar.

Quadro 19 – Reação ao fogo de elementos de revestimento exterior criando caixa-de-ar (adaptado de [33])

Elemento	Edifícios de pequena altura	Edifícios de média altura	Edifícios com altura superior a 28 m
Estrutura de suporte do sistema de isolamento	C s2 d0	B s2 d0	A2 s2 d0
Revestimento da superfície externa e das que confinam o espaço de ar ventilado	C s2 d0	B s2 d0	A2 s2 d0
Isolamento térmico	D s3 d0	B s2 d0	A2 s2 d0

No Quadro 20 são definidas as exigências de reação ao fogo de sistemas compósitos para isolamento térmico exterior com revestimento sobre o isolamento (ETICS) e o material de isolamento térmico que integra esse sistema.

Quadro 20 – Reação ao fogo dos sistemas compósitos para isolamento térmico exterior com revestimento sobre isolante (ETICS) e o material de isolamento (adaptado de [33])

Elemento	Edifícios de pequena altura	Edifícios de média altura	Edifícios com altura superior a 28 m
Sistema completo	C s3 d0	B s3 d0	B s2 d0
Isolamento térmico	E	E	B s2 d0

No Quadro 21 são definidas as exigências de reação ao fogo do revestimento de coberturas em terraço.

Quadro 21 – Reação ao fogo do revestimento das coberturas em terraço (adaptado de [33])

Edifícios com altura até 28 m	Edifícios com altura superior a 28 m
E _{FL}	A2 _{FL} s1

Para coberturas inclinadas o revestimento exterior deve ser no mínimo da classe de reação ao fogo C s2 d0.

Os materiais constituintes dos tetos falsos, com ou sem função de isolamento térmico ou acústico, devem garantir o desempenho de reação ao fogo não inferior ao da classe C-s2 d0.

Para revestimentos de vias de evacuação os níveis definidos são apresentados no Quadro 22 e 23.

As exigências de reação ao fogo dos revestimentos de vias de evacuação são também condicionadas pela altura dos pisos em que se situam, no caso das vias horizontais e pela altura dos próprios edifícios, no caso de vias verticais.

No Quadro 22 são definidas as exigências mínimas de reação ao fogo dos revestimentos de vias de evacuação horizontais.

Quadro 22 – Reação ao fogo dos revestimentos de vias de evacuação horizontais (adaptado de [33])

Elemento	Ao ar livre e em pisos até 9 m de altura	Em pisos entre 9 e 28 m de altura	Em pisos acima de 28 m de altura ou abaixo do plano de referência
Paredes e tetos	C s3 d1	C s2 d0	A2 s1 d0
Pavimentos	D _{FL} s3	C _{FL} s2	C _{FL} s1

No Quadro 23 são definidas as exigências mínimas de reação ao fogo dos revestimentos de vias de evacuação verticais e câmaras corta-fogo.

Quadro 23 – Reação ao fogo dos revestimentos de vias de evacuação verticais (adaptado de [33])

Elemento	Exteriores	No interior do edifício	
		De pequena ou média altura	De grande e muito grande altura
Paredes e tetos	B s3 d0	A2 s1 d0	A1
Pavimentos	C _{FL} s3	C _{FL} s1	C _{FL} s1

Para revestimentos de locais de risco os níveis definidos são apresentados no Quadro 24. Sabendo que os locais dos edifícios, com exceção dos fogos de habitação e dos espaços afetos a circulações, são classificados de acordo com a natureza do risco de incêndio em 6 classes:

- Local de risco A: Presença dominante de pessoal afeto ao estabelecimento, em pequena quantidade;
- Local de risco B: Presença dominante de pessoas, em grande quantidade;
- Local de risco C: Risco agravado de incêndio, devido a atividades, equipamentos ou materiais;
- Local de risco D: Presença de pessoas de mobilidade ou percepção reduzidas;
- Local de risco E: Locais de dormida, em estabelecimentos, que não caibam na definição de local de risco D;
- Local de risco F: Com meios essenciais à continuidade de atividades sociais relevantes.

Quadro 24 – Reação ao fogo mínima dos revestimentos de locais de risco A, B, C, D, E e F (adaptado de [33])

Elemento	Local de Risco			
	A	B	C	D, E e F
Paredes e tetos	D s2 d2	A2 s1 d0	A1	A1
Pavimentos	E _{FL} s2	C _{FL} s2	A1 _{FL}	C _{FL} s2

Apesar da Portaria nº 1532/2008 definir os níveis de desempenho face ao fogo exigidos para diversas aplicações, estes não atribuem a devida importância ao desempenho face ao fogo dos seus componentes individualmente. Este aspeto dificulta a correta aplicação dos materiais de isolamento térmico bem como dos restantes componentes de um elemento construtivo afetando o seu desempenho global face ao fogo.

Aos materiais de isolamento térmico apenas são exigidos níveis de desempenho face ao fogo quando aplicados em fachadas ventiladas ou no caso de fachadas em ETICS, Quadros 19 e 20 respetivamente. Assim sendo, no que diz respeito ao desempenho face ao fogo dos materiais de isolamento térmico apenas serão definidas as exigências e elaborados os respetivos quadros apenas para estes dois casos. Para os restantes casos também serão definidas as exigências e elaborados os respetivos quadros.

5

MANUAL DE SELEÇÃO EXIGENCIAL DE MATERIAIS DE ISOLAMENTO TÉRMICO

5.1. DEFINIÇÃO

O manual de seleção exigencial de materiais de isolamento térmico define-se como um documento que, através de uma simples e rápida consulta, permite obter as instruções necessárias de modo a garantir a correta aplicação do isolamento térmico nos edifícios. O objetivo deste manual é sintetizar o conhecimento e informação tornando-se num guia prático na seleção de materiais de isolamento térmico.

5.2. IMPORTÂNCIA DA ELABORAÇÃO DE UM MANUAL DE SELEÇÃO EXIGENCIAL

A certificação de materiais de isolamento térmico e o manual para a sua seleção exigencial são conceitos que se encontram, inevitavelmente, associados.

A existência de uma vasta gama de novos materiais de isolamento associada às diversas aplicações a que estes podem ser sujeitos tornou a escolha de materiais de isolamento térmico cada vez mais difícil e pouco exigente, como já foi referido anteriormente.

O manual de seleção exigencial surge da necessidade de criar um sistema que permita garantir a eficácia da aplicação dos materiais de isolamento tendo em conta as suas características e as funções a que se destina, reduzindo os custos das ações de reabilitação. Deste modo torna-se numa ferramenta simples, eficaz e essencial na escolha dos materiais de isolamento.

5.3. PROPOSTA DE UM MANUAL DE SELEÇÃO EXIGENCIAL

5.3.1. ENQUADRAMENTO

Em Portugal, ao longo dos últimos anos tem-se verificado um incentivo á reabilitação e conservação de edifícios antigos. A degradação acentuada de edifícios e a existência de um grande número de fogos devolutos conduziram a um aumento das estratégias de reabilitação. Assim, a construção nova, que representava um grande peso no setor da construção, sofreu um abrandamento significativo verificando-se uma tendência crescente para a reabilitação de edifícios. Assim sendo, o presente manual de seleção exigencial é particularmente direcionado para a reabilitação de edifícios.

Por reabilitação de edifícios entende-se as ações de intervenção necessárias e suficientes para os dotar de condições de segurança, funcionalidade e conforto, respeitando a arquitetura, tipologia e sistema construtivo.

Ainda assim, o manual pode ser facilmente aplicado à construção nova.

5.3.2. ESTRUTURA

Este manual de seleção exigencial, como foi referido anteriormente, é direcionado para a reabilitação de edifícios, contudo encontra-se dividido em duas grandes partes, em função do tipo de construção:

- Edifícios antigos;
- Edifícios com estrutura porticada de betão armado.

Entende-se por edifícios antigos todos os que foram construídos antes da generalização da aplicação das estruturas de betão armado, sendo que a pedra, a madeira, a cal e o vidro são materiais dominantes. Por outro lado, os edifícios com estrutura porticada de betão armado são todos os que possuem elementos em betão armado, onde se integra a construção nova.

A presente dissertação centra-se apenas em edifícios de habitação.

Neste contexto, o manual proposto tem a seguinte estrutura:

- Descrição das soluções correntes da envolvente dos edifícios em Portugal, em função do tipo de construção;
- Descrição das exigências a satisfazer pelo material de isolamento térmico em função da solução construtiva;
- Definição da resistência térmica do material de isolamento em função da zona climática e do nível de qualidade térmica considerado.

Este manual baseia-se em quadros e figuras de modo a que a sua consulta seja simples e prática, sendo que a escolha de materiais de isolamento térmico resulta da combinação dos diferentes quadros.

Ao longo do manual, todas as soluções construtivas encontram-se identificadas através de uma sigla e de um número. A sigla representa o elemento construtivo podendo tomar três formas diferentes – PAR, PAV ou COB – dependendo se se trata de uma parede, pavimento ou cobertura, respetivamente. O número identifica as diferentes soluções de cada elemento construtivo.

A identificação das soluções é feita separadamente para os edifícios antigos e os edifícios com estrutura porticada de betão armado ainda que sigam a mesma lógica de identificação.

Este manual é baseado na certificação proposta anteriormente: ISOLE_F.

5.3.3. SOLUÇÕES CORRENTES DA ENVOLVENTE DOS EDIFÍCIOS EM PORTUGAL

Para a elaboração do manual de seleção exigencial de materiais de isolamento térmico foi necessário, em primeiro lugar, caracterizar as soluções construtivas da envolvente dos edifícios mais utilizadas em Portugal. As soluções caracterizadas abrangem os elementos opacos dos edifícios: Paredes, Pavimentos e Coberturas.

As soluções correntes da envolvente encontram-se divididas em edifícios antigos e edifícios com estrutura porticada de betão armado, para uma mais fácil compreensão. Para os diferentes elementos –

paredes, pavimentos e coberturas – são apresentadas através de figuras esquemáticas todas as soluções consideradas.

Para este manual de seleção exigencial apenas se considerou as soluções correntes da envolvente em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr} > 0,7$.

5.3.3.1. Edifícios Antigos

As soluções correntes da envolvente de edifícios antigos encontram-se esquematizadas nas Fig. 13, 14 e 15 dependendo do elemento construtivo, paredes pavimentos e coberturas, respetivamente.

As soluções correntes de paredes em edifícios antigos encontram-se esquematizadas na Fig. 13.

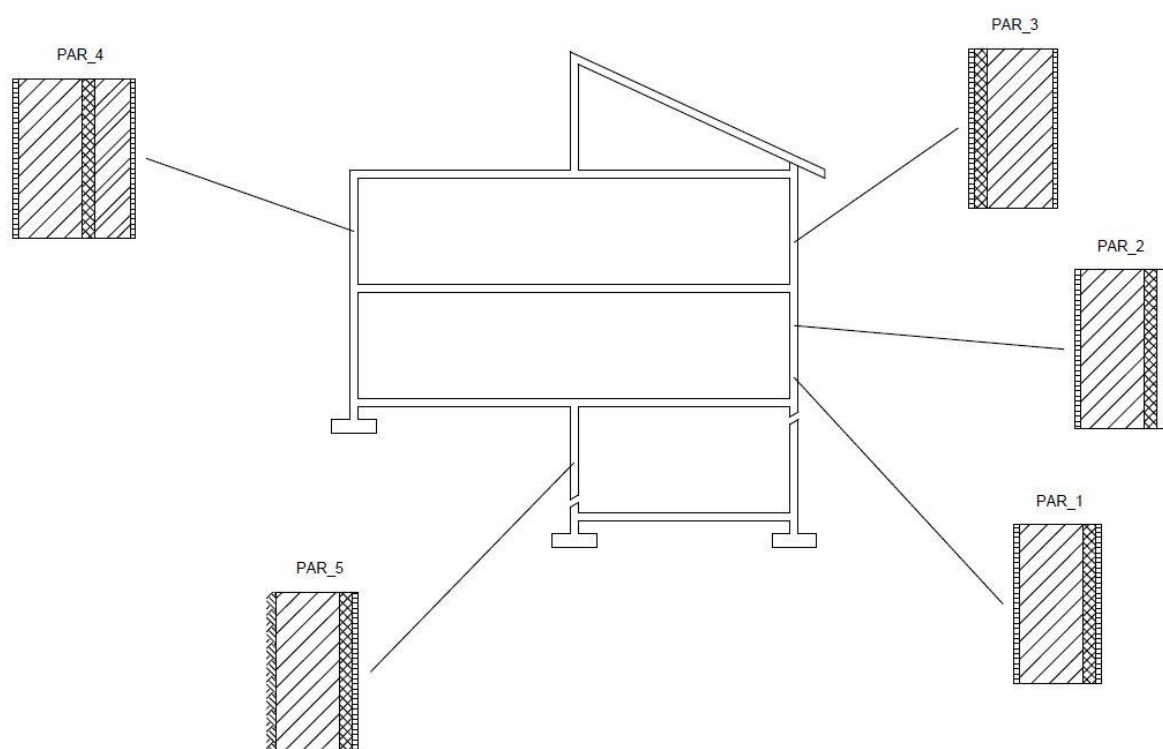


Fig. 13 – Soluções correntes de paredes em edifícios antigos

Na Fig. 13 foram definidas 5 soluções correntes de paredes para edifícios antigos. Cada solução representa as diferentes aplicações do material de isolamento térmico em função do tipo de paredes:

- A PAR_1 representa a aplicação de isolamento térmico pelo exterior, numa parede simples, com revestimento contínuo aplicado sobre o isolamento. Esta solução construtiva é designada por sistema ETICS;
- A PAR_2 representa a aplicação de isolamento térmico pelo exterior, numa parede simples, com revestimento independente e espaço de ar ventilado. Esta solução construtiva é designada por fachada ventilada;

- A PAR_3 representa a aplicação de isolamento térmico pelo interior com revestimento leve, como é exemplo o gesso cartonado ou a madeira;
- A PAR_4 representa a aplicação de isolamento térmico pelo interior associado a uma forra pesada, como é exemplo a alvenaria de tijolo ou um elemento pré-fabricado de betão;
- A PAR_5 representa a aplicação de isolamento térmico pelo interior de uma parede enterrada.

As soluções de pavimentos em edifícios antigos encontram-se esquematizadas na Fig. 14.

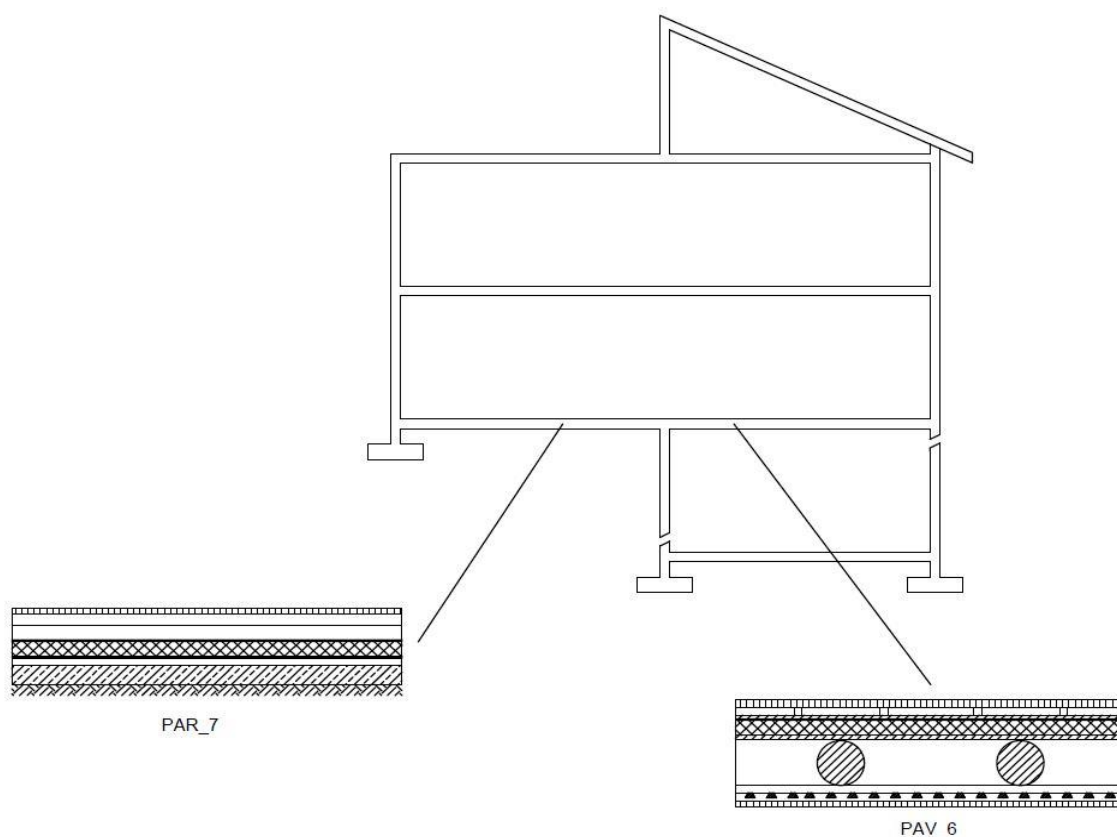


Fig. 14 – Soluções correntes de pavimentos em edifícios antigos

Na Fig. 14 foram definidas 2 soluções correntes de pavimentos de edifícios antigos:

- O PAV_6 representa a aplicação do isolamento térmico na camada intermédia de pavimento em madeira;
- O PAV_7 representa a aplicação de isolamento térmico em pavimentos térreos.

As soluções de coberturas em edifícios antigos encontram-se esquematizadas nas Fig. 15.

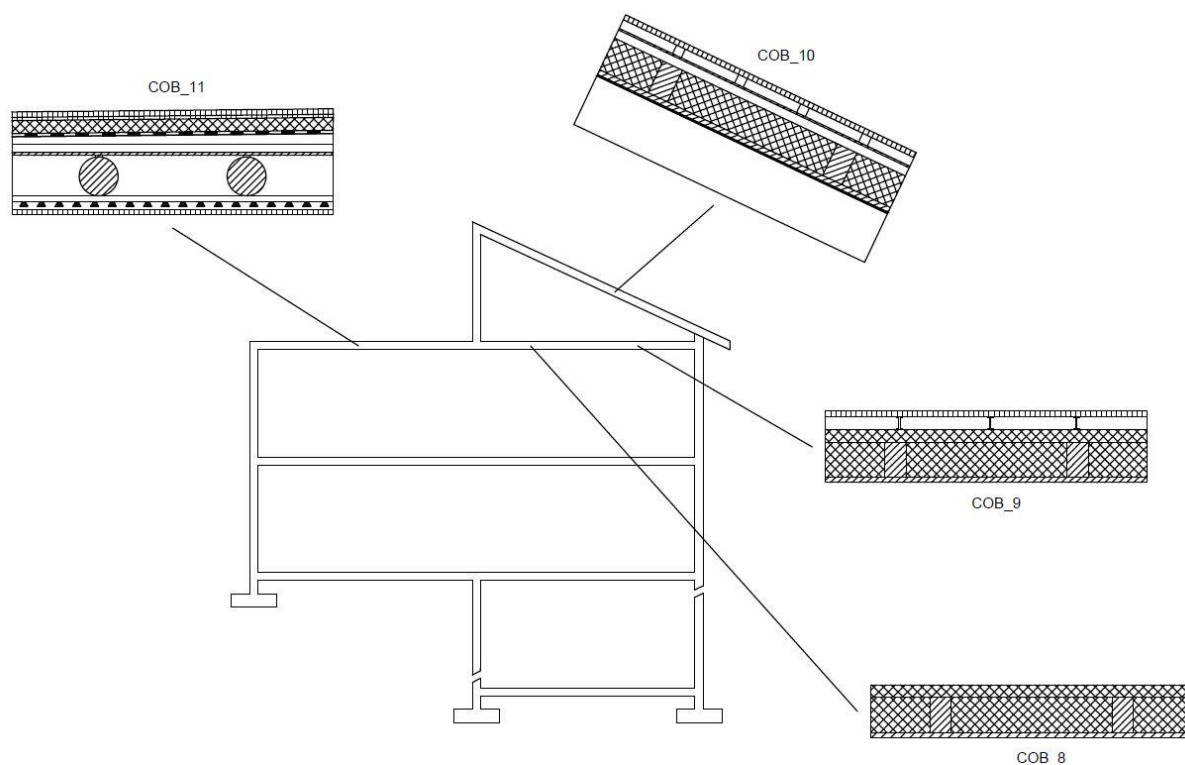


Fig. 15 – Soluções correntes de coberturas em edifícios antigos

Na Fig. 15 foram definidas 4 soluções de coberturas em edifícios antigos:

- A COB_8 representa a aplicação de isolamento sobre a laje horizontal de coberturas inclinadas com desvão não útil, fortemente ventilado;
- A COB_9 representa a aplicação de isolamento térmico sobre a laje horizontal de coberturas inclinadas com desvão acessível e ventilado;
- A COB_10 representa a aplicação de isolamento térmico nas vertentes sobre a estrutura resistente de coberturas inclinadas com desvão útil;
- A COB_11 representa a aplicação de isolamento térmico em cobertura em terraço com estrutura resistente em madeira.

5.3.3.2. Edifícios com Estrutura Porticada de Betão Armado

As soluções correntes da envolvente de edifícios com estrutura porticada de betão armado encontram-se esquematizadas nas Fig. 16, 17 e 18 dependendo do elemento construtivo, paredes pavimentos e coberturas, respetivamente.

As soluções correntes de paredes em edifícios com estrutura porticada de betão armado encontram-se esquematizadas na Fig. 16.

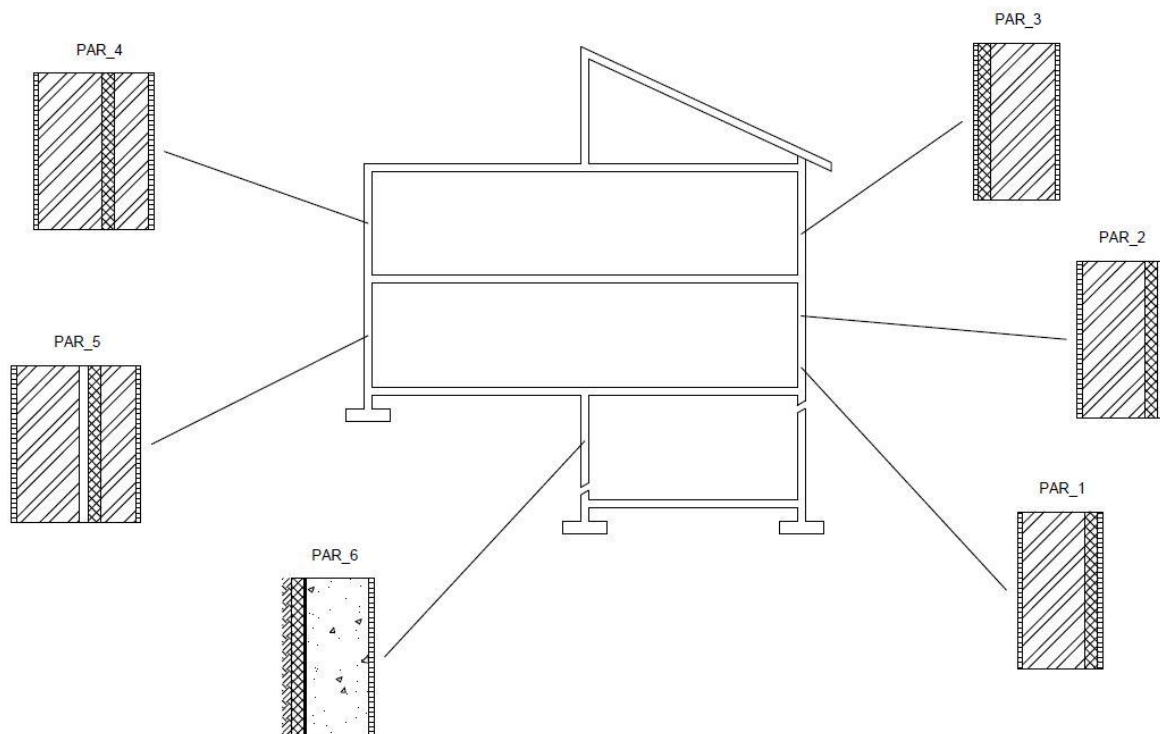


Fig. 16 – Soluções correntes de paredes em edifícios com estrutura porticada de betão armado

Na Fig. 16 foram definidas 6 soluções de paredes de edifícios com estrutura porticada de betão armado:

- A PAR_1 representa a aplicação de isolamento térmico pelo exterior, numa parede simples, com revestimento contínuo aplicado sobre o isolamento. Esta solução construtiva é designada por sistema ETICS;
- A PAR_2 representa a aplicação de isolamento térmico pelo exterior, numa parede simples, com revestimento independente e espaço de ar ventilado. Esta solução construtiva é designada por fachada ventilada;
- A PAR_3 representa a aplicação de isolamento térmico pelo interior com revestimento leve, como é exemplo o gesso cartonado ou a madeira;
- A PAR_4 e PAR_5 representam a aplicação de isolamento térmico em paredes duplas. A única diferença incide no facto de o isolamento preencher total ou parcialmente a caixa-de-ar. Assim sendo, a PAR_4 representa a aplicação do isolamento preenchendo totalmente a caixa-de-ar enquanto a PAR_5 representa a aplicação parcial do isolamento na caixa-de-ar;
- A PAR_6 representa a aplicação do isolamento térmico e m paredes enterradas.

As soluções correntes de pavimentos em edifícios com estrutura porticada de betão armado encontram-se esquematizadas na Fig. 17.

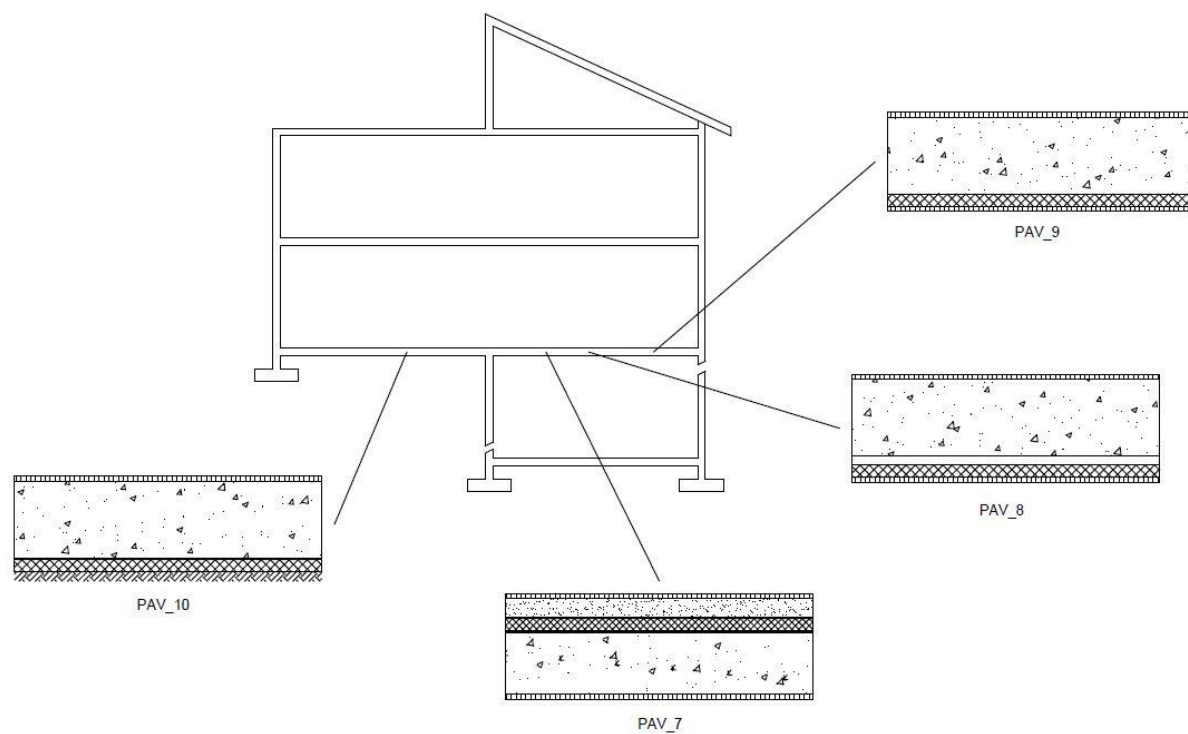


Fig. 17 – Soluções correntes de pavimentos em edifícios com estrutura porticada de betão armado

Na Fig. 17 estão definidas 4 soluções de pavimentos de edifícios com estrutura porticada de betão armado:

- O PAV_7 representa a aplicação do isolamento térmico sobre a laje;
- O PAV_8 representa a aplicação do isolamento térmico sob a laje. Neste caso, prevê-se que o isolamento térmico seja aplicado na laje através de fixação mecânica;
- O PAV_9 representa a aplicação do isolamento sob a laje, tal como o PAV_9, sendo que neste caso o isolamento é aplicado criando uma caixa-de-ar. Esta solução foi designada por teto falso;
- O PAV_10 representa a aplicação do isolamento térmico em pavimentos térreos.

As soluções correntes de coberturas em edifícios com estrutura porticada de betão armado encontram-se esquematizadas na Fig. 18.

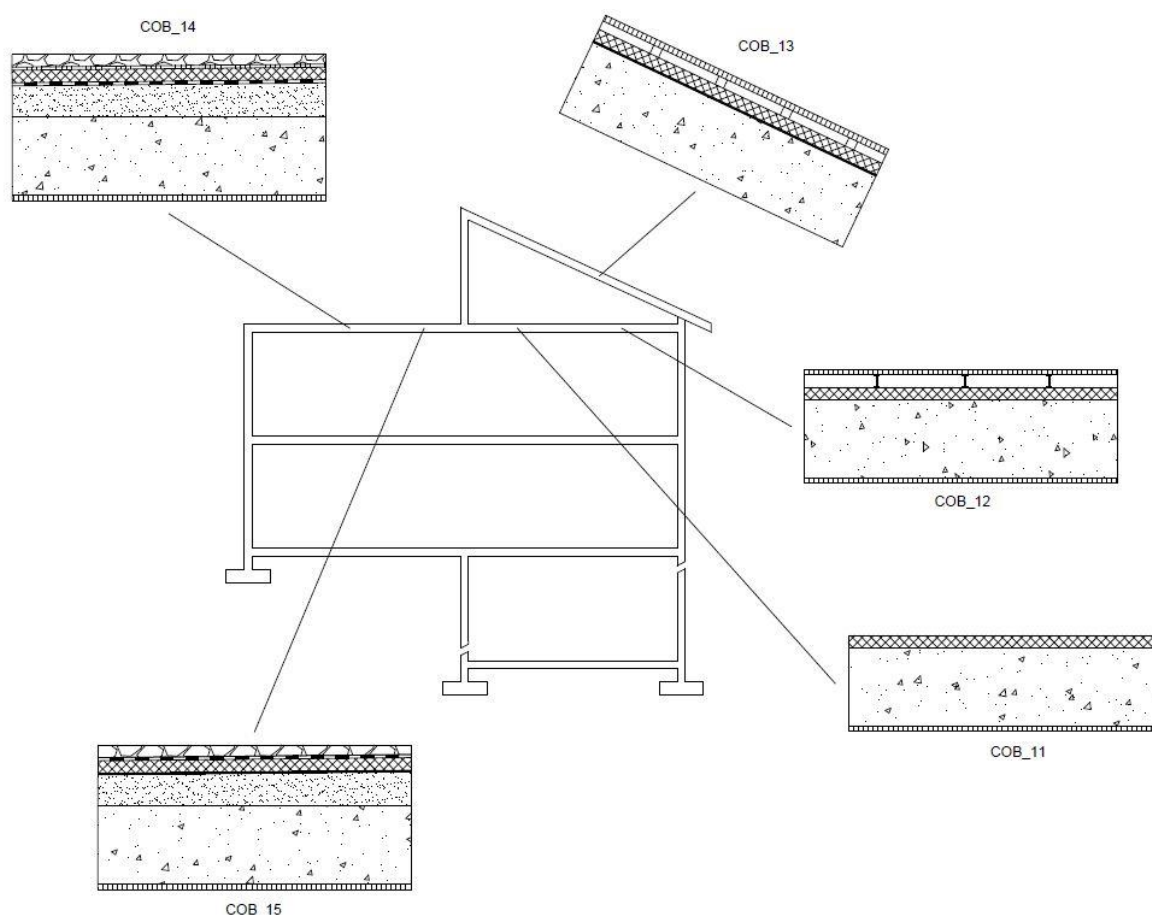


Fig. 18 – Soluções correntes de coberturas em edifícios com estrutura porticada de betão armado

Na Fig. 18 foram definidas 5 soluções correntes de coberturas de edifícios com estrutura porticada de betão armado:

- A COB_11 representa a aplicação de isolamento térmico sobre a laje horizontal de uma cobertura inclinada com desvão não útil e fortemente ventilado;
- A COB_12 representa a aplicação de isolamento térmico sobre a laje horizontal, tal como a solução anterior, sendo que, neste caso o desvão é acessível;
- A COB_13 representa a aplicação do isolamento térmico nas vertentes de uma cobertura inclinada com desvão útil, sendo o isolamento aplicado sobre a estrutura resistente;
- A COB_14 representa a aplicação do isolamento térmico pelo exterior. O isolamento térmico é aplicado sob o sistema de impermeabilização pelo que se designa de cobertura tradicional;
- A COB_15 representa também a aplicação do isolamento térmico pelo exterior. Neste caso, o isolamento é aplicado sobre o sistema de impermeabilização pelo que se designa de cobertura invertida.

As Fig. 13 a 18 foram elaboradas tendo em conta a legenda representada na Fig. 19.

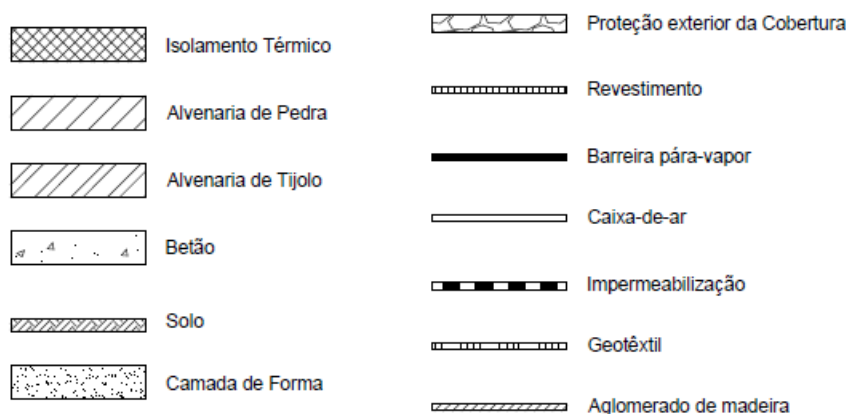


Fig. 19 – Legenda

5.3.4. EXIGÊNCIAS A SATISFAZER PELO MATERIAL DE ISOLAMENTO TÉRMICO

Com base nas soluções correntes da envolvente dos edifícios, esquematizadas nas fig. 13 a 18, elaboraram-se os quadros que indicam os respetivos níveis de ISOLE_F, a cumprir pelos materiais de isolamento térmico. A cada solução corresponde um valor de ISOLE_F.

Neste manual, todas as exigências são definidas de forma quantitativa à exceção das exigências permeabilidade ao vapor de água – E e reação ao fogo – F que, devido à dificuldade de associar uma escala quantitativa de classificação, são definidas de forma qualitativa através da consulta de outros quadros mencionados ao longo da dissertação. A compressibilidade – I, em certos casos, também remete para a consulta de um quadro que fornece o respetivo nível em função da carga a que os materiais de isolamento estão sujeitos.

Os quadros das exigências ISOLE_F a satisfazer pelos materiais de isolamento térmico foram elaborados com base no *Cahier Technique F - Profil d'usage ISOLE* [22], documento fornecido pela ACERMI, tendo sido adaptados em função da tecnologia corrente em Portugal e com o apoio da *Nota de informação técnica – NIT 001 – Metodologia para a seleção exigencial de isolantes térmicos* [2].

5.3.4.1. Edifícios Antigos

Os Quadros 25 a 27 apresentam as várias soluções construtivas dos edifícios antigos e indicam os níveis mínimos ISOLE_F que os materiais de isolamento térmico têm que respeitar. Mais uma vez, os quadros encontram-se divididos por elemento construtivo – paredes, pavimentos e coberturas.

O Quadro 25 apresenta os níveis mínimos ISOLE_F para as várias soluções de paredes de edifícios antigos.

Quadro 25 – Níveis mínimos ISOLE_F para as soluções correntes de paredes de edifícios antigos

Nº	SOLUÇÃO CONSTRUTIVA	I	S	O	L	E	F
PAR_1	Aplicação de isolamento térmico pelo exterior com revestimento contínuo sobre o isolamento - Sistema ETICS	2	4	3	4	(a)	(e)
PAR_2	Aplicação de isolamento térmico pelo exterior com revestimento independente e espaço de ar ventilado - Fachada ventilada	1	1	2	2	(b)	(f)
PAR_3	Aplicação de isolamento térmico pelo interior com revestimento leve (gesso cartonado, madeira, etc.)	1	2	2	3	(c)	(g)
PAR_4	Aplicação de isolamento térmico pelo interior associado a uma forra pesada (alvenaria de tijolo, elemento pré-fabricado de betão, etc.)	1	1	2	2	(d)	(g)
PAR_5	Aplicação de isolamento térmico pelo interior ou exterior em paredes enterradas	2	1	3	3	(-)	(-)
<p>(a) Consultar Quadro 32 - Regras de conceção para evitar ocorrência de condensações internas em paredes simples com isolamento térmico pelo exterior com revestimento contínuo sobre o isolamento - Sistema ETICS</p> <p>(b) Consultar Quadro 33 - Regras de conceção para evitar ocorrência de condensações internas em paredes simples com isolamento térmico pelo exterior com revestimento independente e espaço de ar ventilado - Fachada ventilada</p> <p>(c) Consultar Quadro 34 - Regras de conceção para evitar ocorrência de condensações internas em paredes simples com isolamento térmico pelo interior com revestimento leve (gesso cartonado, madeira, etc.)</p> <p>(d) Consultar Quadro 35 - Regras de conceção para evitar ocorrência de condensações internas em paredes com duplo paramento com caixa-de-ar total ou parcialmente preenchida com o isolamento térmico</p> <p>(e) Consultar Quadros 42 ou 43 - Possíveis classes de desempenho face ao fogo de materiais de isolamento térmico em fachadas em ETICS e Quadros 47, 48 ou 49 - Possíveis classes de desempenho face ao fogo do sistema completo de fachadas em ETICS</p> <p>(f) Consultar Quadro 44, 45 ou 46 - Possíveis classes de desempenho face ao fogo de materiais de isolamento térmico em fachadas ventiladas e Quadro 50, 51 ou 52 - Possíveis classes de desempenho face ao fogo da estrutura de suporte do sistema de isolamento e do revestimento da superfície externa e das que confinam o espaço de ar ventilado</p> <p>(g) Consultar Quadros 53 ou 54 - Possíveis classes de desempenho face ao fogo de revestimentos em fachadas sem aberturas e Quadros 55 ou 56 - Possíveis classes de desempenho face ao fogo de revestimento em fachadas com aberturas</p> <p>(-) Sem exigência</p>							

O Quadro 26 apresenta os níveis mínimos ISOLE_F para as várias soluções de pavimentos de edifícios antigos.

Quadro 26 – Níveis mínimos ISOLE_F para as soluções correntes de pavimentos de edifícios antigos

Nº	SOLUÇÃO CONSTRUTIVA	I	S	O	L	E	F
PAV_6	Aplicação de isolamento térmico na camada intermédia de pavimento em madeira	1	1	1	1	(-)	(-)
PAV_7	Aplicação de isolamento térmico em pavimentos térreos com revestimento de madeira	(a)	1	2	2	(b)	(-)
(a) Consultar Quadro 31 - Exigências de compressibilidade (I) dos materiais de isolamento térmico em função da carga a que estão sujeitos (b) Consultar Quadro 36 - Regras de conceção para evitar ocorrência de condensações internas em pavimentos com isolamento térmico sobre a laje (-) Sem exigência							

O Quadro 27 apresenta os níveis mínimos ISOLE_F para as várias soluções de coberturas de edifícios antigos.

Quadro 27 – Níveis mínimos ISOLE_F para as soluções correntes de coberturas de edifícios antigos

Nº	SOLUÇÃO CONSTRUTIVA	I	S	O	L	E	F
COB_8	Aplicação de isolamento térmico sobre a laje horizontal de coberturas inclinadas com desvão não útil, fortemente ventilado	1	1	1	1	(b)	(e)
COB_9	Aplicação de isolamento térmico sobre a laje horizontal de coberturas inclinadas com desvão acessível e ventilado	(a)	1	1	1	(b)	(e)
COB_10	Aplicação de isolamento térmico nas vertentes sobre a estrutura resistente de coberturas inclinadas com desvão útil	1	1	1	1	(c)	(e)
COB_11	Aplicação de isolamento térmico em cobertura em terraço sobre a estrutura resistente em madeira	(a)	3	2	3	(d)	(f)
(a) Consultar Quadro 31 - Exigências de compressibilidade (I) dos materiais de isolamento térmico em função da carga a que estão sujeitos (b) Consultar Quadro 38 - Regras de concepção para evitar ocorrência de condensações internas em coberturas inclinadas com desvão não útil, fortemente ventilado e com isolamento térmico sobre a laje horizontal (c) Consultar Quadro 39 - Regras de concepção para evitar ocorrência de condensações internas em coberturas inclinadas com desvão útil e com isolamento térmico nas vertentes sobre a estrutura resistente (d) Consultar Quadro 41 - Regras de concepção para evitar ocorrência de condensações internas em coberturas horizontais com isolamento térmico pelo exterior - Cobertura invertida (e) Consultar Quadro 59 - Possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento exterior de coberturas inclinadas (f) Consultar Quadro 57 e 58 - Possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento de coberturas em terraço (-) Sem exigências							

5.3.4.2. Edifícios com Estrutura Porticada de Betão Armado

Tal como acontece nos edifícios antigos, os Quadros 28 a 30 apresentam de forma mais detalhada as várias soluções construtivas dos edifícios com estrutura porticada de betão armado e indicam os níveis mínimos ISOLE_F que os materiais de isolamento térmico têm que respeitar. Os quadros encontram-se divididos por elemento construtivo – paredes, pavimentos e coberturas.

O Quadro 28 apresenta os níveis mínimos ISOLE_F para as várias soluções de paredes de edifícios com estrutura porticada de betão armado.

Quadro 28 – Níveis mínimos ISOLE_F para as soluções correntes de paredes de edifícios com estrutura porticada de betão armado

Nº	SOLUÇÃO CONSTRUTIVA	I	S	O	L	E	F
PAR_1	Paredes simples com isolamento térmico pelo exterior com revestimento contínuo sobre o isolamento - Sistema ETICS	2	4	3	4	(a)	(e)
PAR_2	Paredes simples com isolamento térmico pelo exterior com revestimento independente e espaço de ar ventilado - Fachada ventilada	1	1	2	2	(b)	(f)
PAR_3	Paredes simples com isolamento térmico pelo interior com revestimento leve (gesso cartonado, madeira, etc.)	1	2	2	3	(c)	(g)
PAR_4	Paredes duplas com isolamento térmico preenchendo totalmente a caixa-de-ar	1	1	3	2	(d)	(g)
PAR_5	Paredes duplas com isolamento térmico preenchendo parcialmente a caixa-de-ar	1	1	2	2	(d)	(g)
PAR_6	Paredes enterradas com isolamento térmico pelo interior ou exterior	2	1	3	3	(-)	(-)
<p>(a) Consultar Quadro 32 - Regras de conceção para evitar ocorrência de condensações internas em paredes simples com isolamento térmico pelo exterior com revestimento contínuo sobre o isolamento - Sistema ETICS</p> <p>(b) Consultar Quadro 33 - Regras de conceção para evitar ocorrência de condensações internas em paredes simples com isolamento térmico pelo exterior com revestimento independente e espaço de ar ventilado - Fachada ventilada</p> <p>(c) Consultar Quadro 34 - Regras de conceção para evitar ocorrência de condensações internas em paredes simples com isolamento térmico pelo interior com revestimento leve (gesso cartonado, madeira, etc.)</p> <p>(d) Consultar Quadro 35 - Regras de conceção para evitar ocorrência de condensações internas em paredes com duplo paramento com caixa-de-ar total ou parcialmente preenchida com o isolamento térmico</p> <p>(e) Consultar Quadros 42 ou 43 - Possíveis classes de desempenho face ao fogo de materiais de isolamento térmico em fachadas em ETICS e Quadros 47, 48 ou 49 - Possíveis classes de desempenho face ao fogo do sistema completo de fachadas em ETICS</p> <p>(f) Consultar Quadro 44, 45 ou 46 - Possíveis classes de desempenho face ao fogo de materiais de isolamento térmico em fachadas ventiladas e Quadro 50, 51 ou 52 - Possíveis classes de desempenho face ao fogo da estrutura de suporte do sistema de isolamento e do revestimento da superfície externa e das que confinam o espaço de ar ventilado</p> <p>(g) Consultar Quadros 53 ou 54 - Possíveis classes de desempenho face ao fogo de revestimentos em fachadas sem aberturas e Quadros 55 ou 56 - Possíveis classes de desempenho face ao fogo de revestimento em fachadas com aberturas</p> <p>(-) Sem exigência</p>							

O Quadro 29 apresenta os níveis mínimos ISOLE_F para as várias soluções de pavimentos de edifícios com estrutura porticada de betão armado.

Quadro 29 – Níveis mínimos ISOLE_F para as soluções correntes de pavimentos de edifícios com estrutura porticada de betão armado

Nº	SOLUÇÃO CONSTRUTIVA	I	S	O	L	E	F
PAV_7	Pavimentos com isolamento térmico sobre a laje	(a)	1	2	2	(b)	(-)
PAV_8	Pavimentos com isolamento térmico sob a laje - Isolamento térmico fixado diretamente à laje através de fixação mecânica	1	1	1	2	(c)	(d)
PAV_9	Pavimentos com isolamento térmico sob a laje - Teto falso com isolamento térmico na caixa-de-ar	1	1	1	1	(c)	(-)
PAV_10	Pavimentos térreos com isolamento térmico sob a laje	(a)	1	2	2	(b)	(-)
<p>(a) Consultar Quadro 31 - Exigências de compressibilidade (I) dos materiais de isolamento térmico em função da carga a que estão sujeitos</p> <p>(b) Consultar Quadro 36 - Regras de conceção para evitar ocorrência de condensações internas em pavimentos com isolamento térmico sobre a laje</p> <p>(c) Consultar Quadro 37 - Regras de conceção para evitar ocorrência de condensações internas em pavimentos com isolamento térmico sob a laje</p> <p>(d) Consultar Quadro 59 - Possíveis classes de desempenho face ao fogo dos materiais constituintes de tetos falsos, com ou sem função de isolamento</p> <p>(-) Sem exigência</p>							

O Quadro 30 apresenta os níveis mínimos ISOLE_F para as várias soluções de coberturas de edifícios com estrutura porticada de betão armado.

Quadro 30 – Níveis mínimos ISOLE_F para as soluções correntes de coberturas de edifícios com estrutura porticada de betão armado

Nº	SOLUÇÃO CONSTRUTIVA	I	S	O	L	E	F
COB_11	Coberturas inclinadas com desvão não útil, fortemente ventilado e com isolamento térmico sobre a laje horizontal	1	1	1	1	(b)	(f)
COB_12	Coberturas inclinadas com desvão acessível e ventilado e com isolamento térmico sobre a laje horizontal	(a)	1	1	1	(b)	(f)
COB_13	Coberturas inclinadas com desvão útil e com isolamento térmico nas vertentes sobre a estrutura resistente	1	1	1	1	(c)	(f)
COB_14	Coberturas horizontais com isolamento térmico pelo exterior - Cobertura tradicional	(a)	3	2	3	(d)	(g)
COB_15	Coberturas horizontais com isolamento térmico pelo exterior - Cobertura invertida	(a)	2	3	4	(e)	(g)
<p>(a) Consultar Quadro 31 - Exigências de compressibilidade (I) dos materiais de isolamento térmico em função da carga a que estão sujeitos</p> <p>(b) Consultar Quadro 38 - Regras de conceção para evitar ocorrência de condensações internas em coberturas inclinadas com desvão não útil, fortemente ventilado e com isolamento térmico sobre a laje horizontal</p> <p>(c) Consultar Quadro 39 - Regras de conceção para evitar ocorrência de condensações internas em coberturas inclinadas com desvão útil e com isolamento térmico nas vertentes sobre a estrutura resistente</p> <p>(d) Consultar Quadro 40 - Regras de conceção para evitar ocorrência de condensações internas em coberturas horizontais com isolamento térmico pelo exterior - Cobertura tradicional</p> <p>(e) Consultar Quadro 41 - Regras de conceção para evitar ocorrência de condensações internas em coberturas horizontais com isolamento térmico pelo exterior - Cobertura invertida</p> <p>(f) Consultar Quadro 59 - Possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento exterior de coberturas inclinadas</p> <p>(g) Consultar Quadro 57 e 58 - Possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento de coberturas em terraço</p> <p>(-) Sem exigências</p>							

A certificação fornece os níveis de compressibilidade I_3 , I_4 e I_5 em função da classe de compressibilidade da camada de isolamento térmico sob betonilha, pavimento flutuante ou revestimento cerâmico (SC1a, SC1b, SC2a, SC2b) contudo, devido à impossibilidade de acesso à norma NF DTU 52.10 de junho de 2013, é desconhecido o modo de classificação dos materiais e os

resultados obtidos nos ensaios. Deste modo, definiu-se o nível de compressibilidade em função da carga a que estão sujeitos de acordo com o quadro seguinte.

O Quadro 31 fornece o nível de compressibilidade – I dos materiais de isolamento térmico em função da carga a que estão sujeitos.

Quadro 31 – Exigências de compressibilidade dos materiais de isolamento em função da carga a que estão sujeitos (adaptado de [2])

Carga total	Exigência - Compressibilidade (I)
Carga $\leq 5 \text{ kN/m}^2$	I_3
$5 \text{ kN/m}^2 < \text{Carga} \leq 10 \text{ kN/m}^2$	I_4
Carga $> 10 \text{ kN/m}^2$	I_5
A carga total inclui o peso próprio e a sobrecarga, excluindo qualquer fator majorativo	

5.3.5. EXIGÊNCIAS RELATIVAS À PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA

Ao longo deste manual de seleção exigencial, a permeabilidade ao vapor de água é caracterizada tendo como base o princípio de que um edifício deve ser projetado e concebido de modo a que sejam evitadas as condensações, quer internas quer na superfície dos elementos construtivos. Assim sendo, esta exigência é definida através de quadros de consulta onde são especificadas as regras de concepção para evitar a ocorrência de condensações internas em paredes, pavimentos e coberturas. Note-se que, em alguns casos, estas regras não impõem exigências específicas para a camada de isolamento, contudo a sua aplicação permite evitar condensações internas, nomeadamente nesta camada, contribuindo para o bom desempenho do material.

Todos os quadros referentes à exigência E foram elaborados com base no *Manual de apoio ao projecto de reabilitação de edifícios antigos* [31] e no documento Francês – *Diffusion de vapeur au travers des parois* [34] e estão divididos por solução construtiva de modo a tornar a sua consulta mais simples e clara.

Foram elaborados 4 quadros com regras de concepção para evitar a ocorrência de condensações internas para as seguintes soluções de paredes:

- Parede simples com isolamento térmico pelo exterior com revestimento contínuo sobre o isolamento - Sistema ETICS;
- Parede simples com isolamento térmico pelo exterior com revestimento independente e espaço de ar ventilado - Fachada ventilada;
- Parede simples com isolamento térmico pelo interior com revestimento leve (gesso cartonado, madeira, etc.);
- Parede com duplo paramento com caixa-de-ar total ou parcialmente preenchida com o isolamento térmico.

O Quadro 32 apresenta as regras de concepção para evitar a ocorrência de condensações internas em paredes, para o caso de uma parede simples com isolamento térmico pelo exterior com revestimento contínuo sobre o isolamento - Sistema ETICS.

Quadro 32 - Regras de concepção para evitar a ocorrência de condensações internas em paredes simples com isolamento térmico pelo exterior com revestimento contínuo sobre o isolamento – Sistema ETICS

(adaptado de [31])

Paredes simples com isolamento térmico pelo exterior com revestimento contínuo sobre o isolamento - Sistema ETICS	
$\frac{(P_e)_{\text{revestimento exterior}}}{(\delta_p)_{\text{isolamento térmico}}} \geq 50 \text{ m}^{-1}$	
P_e - Permeância ao vapor de água do revestimento [Kg/(m ² ·s·Pa)]	
δ_p - Permeabilidade ao vapor de água do isolamento [Kg/(m·s·Pa)]	

O Quadro 33 apresenta as regras de concepção para evitar a ocorrência de condensações internas em paredes, para o caso de uma parede simples com isolamento térmico pelo exterior com revestimento independente e espaço de ar ventilado - Fachada ventilada.

Quadro 33 - Regras de concepção para evitar a ocorrência de condensações internas em paredes simples com isolamento térmico pelo exterior com revestimento independente e espaço de ar ventilado – Fachada ventilada

(adaptado de [31])

Paredes simples com isolamento térmico pelo exterior com revestimento independente e espaço de ar ventilado - Fachada ventilada											
1) Para que o espaço de ar seja considerado ventilado deverá ter aberturas na base e no topo da fachada. A secção das aberturas de ventilação poderá ser definida de acordo com a seguinte regra: $S = \left(\frac{H}{3}\right)^{0,4} \times 50$											
S - Secção de cada uma das aberturas de ventilação (entrada e saída) em cm ² por cada metro de largura da fachada [cm ² /m]											
H - Altura do espaço de ar a ventilar [m]											
A aplicação da regra anterior conduz às seguintes secções:											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>H [m]</th><th>S [cm²/m]</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$H \leq 3$</td><td>50</td></tr> <tr> <td>$3 < H \leq 6$</td><td>65</td></tr> <tr> <td>$6 < H \leq 10$</td><td>80</td></tr> <tr> <td>$10 < H \leq 18$</td><td>100</td></tr> </tbody> </table>		H [m]	S [cm ² /m]	$H \leq 3$	50	$3 < H \leq 6$	65	$6 < H \leq 10$	80	$10 < H \leq 18$	100
H [m]	S [cm ² /m]										
$H \leq 3$	50										
$3 < H \leq 6$	65										
$6 < H \leq 10$	80										
$10 < H \leq 18$	100										
Observações:											
- Recomenda-se que a espessura mínima da camada de ar seja de 2 cm de forma a evitar o contacto do isolamento térmico com a face interior do revestimento											
- Para alturas superiores a 18 m convém proceder ao fracionamento do espaço de ar, de forma a evitar velocidades excessivas de circulação de ar											

O Quadro 34 apresenta as regras de concepção para evitar a ocorrência de condensações internas em paredes, para o caso de uma parede simples com isolamento térmico pelo interior com revestimento leve (gesso cartonado, madeira, etc.).

Quadro 34 - Regras de concepção para evitar a ocorrência de condensações internas em paredes simples com isolamento térmico pelo interior com revestimento leve (adaptado de [31])

Paredes simples com isolamento térmico pelo interior com revestimento leve (gesso cartonado, madeira, etc.)
1) O conjunto formado pela camada de isolamento e pelo revestimento interior deverá ter S_d tal que: $S_d \geq 0,50 \text{ m} \leftrightarrow P_e \leq 390 \times 10^{-12} [\text{Kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})]$ P_e - Permeância ao vapor de água [$\text{Kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$] S_d - Espessura da camada de ar de difusão equivalente [m]

O Quadro 35 apresenta as regras de concepção para evitar a ocorrência de condensações internas em paredes, para o caso de uma parede com duplo paramento com caixa-de-ar total ou parcialmente preenchida com o isolamento térmico.

Quadro 35 - Regras de concepção para evitar a ocorrência de condensações internas em paredes com duplo paramento com caixa-de-ar total ou parcialmente preenchida com o isolamento térmico (adaptado de [31])

Paredes com duplo paramento com caixa-de-ar total ou parcialmente preenchida com o isolamento térmico
1) Para evitar condensação na face interior do isolamento térmico
$R_{TI} > 3 \times R_{TP}$
2) Para evitar condensação na camada de isolamento térmico
$\frac{1}{R_{DP}} < 125 \times 10^{-12} [Kg/m^2 \cdot s \cdot Pa]$
3) Para evitar condensação na face interior do pano exterior de parede
$3 \times R_{TM} \geq R_{TI} + R_{TP}$
<p>R_{TM} - Resistência térmica do paramento exterior</p> <p>R_{TI} - Resistência térmica da camada de isolamento térmico, incluindo eventuais espaços de ar</p> <p>R_{TP} - Resistência térmica do paramento interior</p> <p>R_{DP} - Resistência à difusão de vapor do paramento interior, incluindo eventuais barreiras pára-vapor</p> <p>R_{DI} - Resistência à difusão de vapor da camada de isolamento térmico, excluindo eventuais barreiras pára-vapor</p>
<p>Observações:</p> <p>- Na face interior do pano exterior é difícil evitar por completo a ocorrência de condensações, que são particularmente preocupantes em zonas muito frias, pelo que se sugere:</p> <p>a) Proceder à recolha e evacuação da água da condensação</p> <p>b) Limitar o fluxo de vapor:</p> <p>Nos casos em que $R_{TM} > 0,086 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$</p> $\frac{1}{R_{DP} + R_{DI}} < 625 \times 10^{-12} [Kg/m^2 \cdot s \cdot Pa]$ <p>Nos casos em que $R_{TM} < 0,086 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$</p> $\frac{1}{R_{DP} + R_{DI}} < 125 \times 10^{-12} [Kg/m^2 \cdot s \cdot Pa]$ <p>Em zonas muito frias - altitude superior a 1000 m</p> $\frac{1}{R_{DP} + R_{DI}} < 31 \times 10^{-12} [Kg/m^2 \cdot s \cdot Pa]$

Foram elaborados 2 quadros com regras de concepção para evitar a ocorrência de condensações internas para as seguintes soluções de pavimentos:

- Pavimentos com isolamento térmico sobre a laje
- Pavimentos com isolamento térmico sob a laje

O Quadro 36 apresenta as regras de concepção para evitar a ocorrência de condensações internas em pavimentos com isolamento térmico sobre a laje.

Quadro 36 - Regras de concepção para evitar a ocorrência de condensações internas em pavimentos com isolamento térmico sobre a laje (adaptado de [31])

Pavimentos com isolamento térmico sobre a laje
<p>Nos pavimentos em que a camada de isolamento térmico é aplicada sobre a estrutura de suporte, existe uma probabilidade significativa de ocorrência de condensações.</p> <p>Nos casos em que a estrutura de suporte é pouco permeável ao vapor (lajes de betão ou aligeiradas) aconselha-se a colocação de uma barreira pára-vapor sobre a camada de isolamento térmico com permeância ao vapor de água</p> $Pe \leq 4 \times 10^{-12} [Kg/(m^2 \cdot s \cdot Pa)]$

O Quadro 37 apresenta as regras de concepção para evitar a ocorrência de condensações internas em pavimentos com isolamento térmico sob a laje.

Quadro 37 - Regras de concepção para evitar a ocorrência de condensações internas em pavimentos com isolamento térmico sob a laje (adaptado de [31])

Pavimentos com isolamento térmico sob a laje
<p>1) Nos pavimentos em que a camada de isolamento térmico é aplicada sob a estrutura de suporte, os riscos de ocorrência de condensações internas são pequenos desde que as camadas subjacentes ao isolamento térmico, nomeadamente o revestimento exterior, não apresentem elevada resistência à difusão de vapor de água.</p>
<p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> - As recomendações para paredes com isolamento pelo exterior com revestimento contínuo sobre o isolamento (Sistema ETICS) são aplicáveis a este tipo de elementos construtivos - Quando o revestimento exterior é muito pouco permeável ao vapor de água deve ser criado um espaço de ar ventilado <p style="padding-left: 40px;">Espessura ≥ 50 mm</p> <p style="padding-left: 40px;">Aberturas em lados opostos do perímetro do pavimento, com uma secção equivalente a uma abertura contínua com 25 mm de largura, ao longo desses lados</p> <p style="padding-left: 40px;">Eventual aplicação complementar de barreira pára-vapor</p>

Foram elaborados 4 quadros com regras de concepção para evitar a ocorrência de condensações internas para as seguintes soluções de pavimentos:

- Coberturas inclinadas com desvão não útil, fortemente ventilado e com isolamento térmico sobre a laje horizontal
- Coberturas inclinadas com desvão útil e com isolamento térmico nas vertentes sobre a estrutura resistente
- Coberturas horizontais com isolamento térmico pelo exterior - Cobertura tradicional
- Coberturas horizontais com isolamento térmico pelo exterior - Cobertura invertida

O Quadro 38 apresenta as regras de concepção para evitar a ocorrência de condensações internas em coberturas inclinadas com desvão não útil, fortemente ventilado e com isolamento térmico sobre a laje horizontal.

Quadro 38 - Regras de concepção para evitar a ocorrência de condensações internas em coberturas inclinadas com desvão não útil, fortemente ventilado e com isolamento térmico sobre a laje horizontal (adaptado de [31])

Coberturas inclinadas com desvão não útil, fortemente ventilado e com isolamento térmico sobre a laje horizontal
Nas coberturas em desvão os riscos de ocorrência de condensações internas são reduzidos, desde que se garanta a adequada ventilação do desvão, de acordo com as seguintes regras:
<p>1) Coberturas em desvão com mais de uma vertente</p> <p>Área das aberturas de ventilação ao nível da base das coberturas:</p> <p>25 mm x comprimento da vertente, para telhados com inclinação inferior ou igual a 15°</p> <p>10 mm x comprimento da vertente, para telhados com inclinação superior a 15 °</p>
<p>2) Coberturas em desvão com uma vertente</p> <p>Aberturas de admissão de ar ao nível da base das coberturas, igual ao definido anteriormente</p> <p>Aberturas de extração de ar no topo do telhado:</p> <p>5 mm x comprimento da vertente</p>
<p>3) Telhados com inclinação $\geq 35^\circ$ ou com vertentes de largura superior a 10 m</p> <p>Aberturas no topo do telhado para melhorar a ventilação do desvão:</p> <p>5 mm x comprimento da vertente</p>

O Quadro 39 apresenta as regras de concepção para evitar a ocorrência de condensações internas em coberturas inclinadas com desvão útil e com isolamento térmico nas vertentes sobre a estrutura resistente.

Quadro 39 - Regras de concepção para evitar a ocorrência de condensações internas em coberturas inclinadas com desvão útil e com isolamento térmico nas vertentes sobre a estrutura resistente (adaptado de [31])

Coberturas inclinadas com desvão útil e com isolamento térmico nas vertentes sobre a estrutura resistente
<p>1) É recomendada a aplicação de uma barreira pára-vapor, pelo lado interior da camada de isolamento térmico, e a ventilação do espaço de ar entre o isolamento e o revestimento exterior.</p> <p>A barreira pára-vapor deverá ter uma permeância ao vapor de água:</p> $Pe \leq 4 \times 10^{-12} [Kg/(m^2 \cdot s \cdot Pa)]$
2) Espaço de ar ventilado com uma espessura igual ou superior a 5 cm
<p>3) Área das aberturas de ventilação</p> <p>25 mm x comprimento da vertente, para admissão de ar na base do telhado</p> <p>5 mm x comprimento da vertente, para extração de ar na cumeeira ou topo de telhado</p>

O Quadro 40 apresenta as regras de concepção para evitar a ocorrência de condensações internas em coberturas horizontais com isolamento térmico pelo exterior - Cobertura tradicional.

Quadro 40 - Regras de concepção para evitar a ocorrência de condensações internas em coberturas horizontais com isolamento térmico pelo exterior – Cobertura tradicional (adaptado de [31])

Coberturas horizontais com isolamento térmico pelo exterior - Cobertura tradicional
<p>1) Recomenda-se a colocação de uma barreira pára-vapor sob a camada de isolamento térmico com uma permeância ao vapor de água</p> $Pe \leq 2,1 \times 10^{-12} [Kg/(m^2 \cdot s \cdot Pa)]$
<p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> - É possível evitar a aplicação de barreira pára-vapor se o volume de condensações se mantenha em valores que não comprometam o desempenho da cobertura, em particular da camada de isolamento térmico - É ainda importante ter em atenção os seguintes aspetos: <ul style="list-style-type: none"> a) A camada de forma só poderá ser realizada em betão leve se for efetuado um cálculo higratérmico para avaliar o seu desempenho b) Se a composição da cobertura incluir um teto falso é necessário garantir que a espessura da camada de isolamento térmico é suficiente para evitar a formação de condensações

O Quadro 41 apresenta as regras de concepção para evitar a ocorrência de condensações internas em coberturas horizontais com isolamento térmico pelo exterior - Cobertura invertida.

Quadro 41 - Regras de concepção para evitar a ocorrência de condensações internas em coberturas horizontais com isolamento térmico pelo exterior – Cobertura invertida (adaptado de [31])

Coberturas horizontais com isolamento térmico pelo exterior - Cobertura invertida
A camada de impermeabilização sob a camada de isolamento elimina os riscos de ocorrência de condensações internas, exceto se a camada de forma apresentar uma grande espessura e resistência térmica elevada neste caso é recomendado a utilização de um programa de cálculo higrotérmico

5.3.6. EXIGÊNCIAS RELATIVAS À REAÇÃO AO FOGO

Neste manual de seleção exigencial, a reação ao fogo, tal como a permeabilidade ao vapor de água, foi abordada de um modo diferente das outras exigências ISOL. Assim sendo, em função de cada solução corrente de paredes, pavimentos ou coberturas, o manual remete para a consulta de quadros onde são definidas as respetivas exigências. Note-se que, para determinadas soluções não existem quaisquer exigências relativas à reação ao fogo.

Para a elaboração dos quadros foi necessário ter em conta a classificação do desempenho face ao fogo de produtos da construção assim como as exigências definidas na regulamentação da segurança contra incêndios. Conhecidas as diferentes classes de desempenho face ao fogo definiram-se, para as diferentes condições de aplicação, as respetivas exigências.

Para além das exigências de desempenho face ao fogo de materiais de isolamento térmico, também foram definidas as exigências associadas ao desempenho face ao fogo da solução global bem como de alguns dos seus componentes, nomeadamente os revestimentos. Todos os quadros foram elaborados de acordo com a Portaria nº 1532/2008 que apresenta as classes de desempenho mínimas exigidas para cada aplicação. Para garantir as exigências, os materiais de isolamento térmico devem apresentar um nível igual ou superior ao indicado nesses quadros.

Os quadros elaborados tiveram como base as exigências de aplicação definidas na regulamentação da segurança contra incêndios descritas no *Capítulo 4 – Modelos de Certificação de Materiais de Isolamento Térmico*. Note-se que, para este manual não se elaboraram quadros correspondentes às exigências relativas às vias de evacuação, aos locais de risco, nem às caixilharia e estores ou persianas.

O código de cores associado aos quadros está representado na Fig. 20.




	Possíveis associações entre a classificação principal (A1 a F) e as classificações complementares de produção de fumo (s1 a s2) e de libertação de gotas ou partículas inflamadas (d0 a d2)
	Não existe
	Não aplicável

Fig. 20 – Código de cores associado aos quadros da exigência Reação ao fogo (F)

A cor verde representa as possíveis associações entre a classificação principal (A1 a F) e as classificações complementares de produção de fumo (s1 a s2) e de libertação de gotas ou partículas inflamadas (d0 a d2). A cor cinza e branca significam que a correspondência não existe ou não se aplica, respetivamente.

A Fig. 21 é apenas informativa e representa o modo de organização dos quadros seguintes e as possíveis associações entre a classificação principal e as classificações complementares. É portanto, uma síntese do Quadro 16.

Classificações complementares de produção de fumo (s1 a s3) e de libertação de gotas ou partículas (d0 a d2)

Exigências	s1			s2			s3			Sem classificação s		
	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2
A1												
A2												
B												
C												
D												
E												
F												

Classificação principal de desempenho face ao fogo (A1 a F)

Fig. 21 – Organização dos quadros da exigência Reação ao fogo (F)

As classes A1 e F não possuem classificações complementares. A classe E apenas apresenta classificação complementar de libertação de gotas ou partículas d2.

5.3.6.1. Materiais de Isolamento Térmico

Com base na organização apresentada na Fig. 21 e tendo em conta o código de cores utilizado elaboraram-se os seguintes quadros que apresentam de forma esquemática as possibilidades relativamente às classes de desempenho face ao fogo dos materiais de isolamento térmico de modo a que sejam cumpridas as exigências. Refira-se novamente que para o caso dos materiais de isolamento térmico apenas se apresentam exigências para fachadas em ETICS ou fachadas ventiladas.

No caso de fachadas em ETICS elaboraram-se 2 quadros, com as possíveis classes de desempenho face ao fogo de modo a que sejam cumpridas as seguintes exigências:

- E – d2 para edifícios de pequena ou média altura

- B – s2 – d0 para edifícios com altura superior a 28 m

No Quadro 42 estão representadas as possíveis classes de desempenho face ao fogo de materiais de isolamento térmico em fachadas em ETICS para edifícios de pequena ou média altura.

Quadro 42 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo de materiais de isolamento térmico em fachadas em ETICS para edifícios de pequena ou média altura

Exigências	s1			s2			s3			Sem classificação s		
	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2
A1												
A2												
B												
C												
D												
E												
F												

No Quadro 43 estão representadas as possíveis classes de desempenho face ao fogo de materiais de isolamento térmico em fachadas em ETICS para edifícios com altura superior a 28 m.

Quadro 43 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo de materiais de isolamento térmico em fachadas em ETICS para edifícios com altura superior a 28 m

Exigências	s1			s2			s3			Sem classificação s		
	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2
A1												
A2												
B												
C												
D												
E												
F												

No caso de fachadas ventiladas elaboraram-se 3 quadros, com as possíveis classes de desempenho face ao fogo de modo a que sejam cumpridas as seguintes exigências:

- D – s3 – d0 para edifícios de pequena altura
- B – s2 – d0 para edifícios de média altura
- A2 – s2 – d0 para edifícios com altura superior a 28 m

No Quadro 44 estão representadas as possíveis classes de desempenho face ao fogo de materiais de isolamento térmico em fachadas ventiladas para edifícios de pequena altura.

Quadro 44 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo de materiais de isolamento térmico em fachadas ventiladas para edifícios de pequena altura

Exigências	s1			s2			s3			Sem classificação s		
	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2
A1												
A2												
B												
C												
D												
E												
F												

No Quadro 45 estão representadas as possíveis classes de desempenho face ao fogo de materiais de isolamento térmico em fachadas ventiladas para edifícios de média altura.

Quadro 45 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo de materiais de isolamento térmico em fachadas ventiladas para edifícios de média altura

Exigências	s1			s2			s3			Sem classificação s		
	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2
A1												
A2												
B												
C												
D												
E												
F												

No Quadro 46 estão representadas as possíveis classes de desempenho face ao fogo de materiais de isolamento térmico em fachadas ventiladas para edifícios com altura superior a 28 m.

Quadro 46 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo de materiais de isolamento térmico em fachadas ventiladas para edifícios com altura superior a 28 m

Exigências	s1			s2			s3			Sem classificação s		
	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2
A1												
A2												
B												
C												
D												
E												
F												

Da análise da Portaria nº 1532/2008 que apresenta as classes de desempenho face ao fogo mínimas exigidas para cada aplicação conclui-se que estas exigências são definidas em função do elemento construtivo, menosprezando o comportamento individual dos restantes componentes, nomeadamente

dos materiais de isolamento térmico. Estes, apenas são referidos quando aplicados em fachadas em ETICS ou em fachadas ventiladas, o que representa um número reduzido de soluções. No caso das coberturas e das restantes soluções de paredes, o comportamento do isolamento térmico não faz parte das exigências. Conclui-se também que não existe qualquer exigência de reação ao fogo para pavimentos, exceto nas vias de evacuação e nos locais de risco.

O objetivo deste manual é também sensibilizar para a importância das exigências de reação ao fogo dos materiais de isolamento. Uma vez que este indicador caracteriza a maior ou menor facilidade com que os materiais se deixam consumir pelo fogo, o seu conhecimento prévio permite escolher o material que melhor se adequa a cada solução, prevenindo o desenvolvimento do incêndio e condicionando a sua propagação.

5.3.6.2. Componentes

Para além do comportamento em relação ao fogo dos materiais de isolamento, e uma vez que o objetivo do manual é intervir na fase de projeto de modo a contribuir para o melhor desempenho global do edifício, foi relevante definir as classes de desempenho face ao fogo dos restantes elementos referidos na Portaria n.º 1532/2008, alargando o campo de aplicação do manual. Para isso, foi seguida a mesma metodologia dos quadros anteriores referentes aos materiais de isolamento térmico.

Para fachadas em ETICS elaboraram-se 3 quadros com as possíveis classes de desempenho face ao fogo do sistema completo, de modo a que sejam cumpridas as seguintes exigências:

- C – s3 – d0 para edifícios de pequena altura;
- B – s3 – d0 para edifícios de média altura;
- B – s2 – d0 para edifícios com uma altura superior a 28 m.

No Quadro 47 estão representadas as possíveis classes de desempenho face ao fogo do sistema completo de fachadas em ETICS para edifícios de pequena altura.

Quadro 47 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo do sistema completo de fachadas em ETICS para edifícios de pequena altura

Exigências	s1			s2			s3			Sem classificação s		
	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2
A1												
A2												
B												
C												
D												
E												
F												

No Quadro 48 estão representadas as possíveis classes de desempenho face ao fogo do sistema completo de fachadas em ETICS para edifícios de média altura.

Quadro 48 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo do sistema completo de fachadas em ETICS para edifícios de média altura

Exigências	s1			s2			s3			Sem classificação s		
	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2
A1												
A2												
B												
C												
D												
E												
F												

No Quadro 49 estão representadas as possíveis classes de desempenho face ao fogo do sistema completo de fachadas em ETICS para edifícios com altura superior a 28 m. Neste caso o sistema completo e o isolamento térmico apresentam a mesma exigência.

Quadro 49 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo do sistema completo de fachadas em ETICS para edifícios com altura superior a 28 m

Exigências	s1			s2			s3			Sem classificação s		
	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2
A1												
A2												
B												
C												
D												
E												
F												

Para fachadas com caixa-de-ar elaboraram-se 3 quadros com as possíveis classes de desempenho face ao fogo da estrutura de suporte do sistema de isolamento e do revestimento da superfície externa e das que confinam o espaço de ar ventilado, de modo a que sejam cumpridas as seguintes exigências:

- C – s2 – d0 para edifícios de pequena altura;
- B – s2 – d0 para edifícios de média altura;
- A2 – s2 – d0 para edifícios com uma altura superior a 28 m.

No Quadro 50 estão representadas as possíveis classes de desempenho face ao fogo da estrutura de suporte do sistema de isolamento e do revestimento da superfície externa e das que confinam o espaço de ar ventilado em fachadas ventiladas para edifícios de pequena altura.

Quadro 50 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo estrutura de suporte do sistema de isolamento e do revestimento da superfície externa e das que confinam o espaço de ar ventilado em fachadas ventiladas para edifícios de pequena altura

Exigências	s1			s2			s3			Sem classificação s		
	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2
A1												
A2												
B												
C												
D												
E												
F												

No Quadro 51 estão representadas as possíveis classes de desempenho face ao fogo da estrutura de suporte do sistema de isolamento e do revestimento da superfície externa e das que confinam o espaço de ar ventilado em fachadas ventiladas para edifícios de média altura.

Neste caso, a estrutura de suporte do sistema de isolamento, o revestimento da superfície externa e das que confinam o espaço de ar ventilado e o isolamento térmico apresentam a mesma exigência.

Quadro 51 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo estrutura de suporte do sistema de isolamento e do revestimento da superfície externa e das que confinam o espaço de ar ventilado em fachadas ventiladas para edifícios de média altura

Exigências	s1			s2			s3			Sem classificação s		
	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2
A1												
A2												
B												
C												
D												
E												
F												

No Quadro 52 estão representadas as possíveis classes de desempenho face ao fogo da estrutura de suporte do sistema de isolamento e do revestimento da superfície externa e das que confinam o espaço de ar ventilado em fachadas ventiladas para edifícios com uma altura superior a 28 m. Neste caso, tal como acontece anteriormente, a estrutura de suporte do sistema de isolamento, o revestimento da superfície externa e das que confinam o espaço de ar ventilado e o isolamento térmico apresentam a mesma exigência.

Quadro 52 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo estrutura de suporte do sistema de isolamento e do revestimento da superfície externa e das que confinam o espaço de ar ventilado em fachadas ventiladas para edifícios com altura superior a 28 m

Exigências	s1			s2			s3			Sem classificação s		
	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2
A1												
A2												
B												
C												
D												
E												
F												

Para fachadas sem aberturas elaboraram-se 2 quadros com as possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento de modo a que sejam cumpridas as seguintes exigências:

- D – s3 – d1 para edifícios com altura igual ou inferior a 28 m;
- C – s3 – d1 para edifício com altura superior a 28 m.

No Quadro 53 estão representadas as possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento em fachadas sem aberturas para edifícios com altura igual ou inferior a 28 m.

Quadro 53 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento em fachadas sem aberturas para edifícios com altura igual ou inferior a 28 m.

Exigências	s1			s2			s3			Sem classificação s		
	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2
A1												
A2												
B												
C												
D												
E												
F												

No Quadro 54 estão representadas as possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento em fachadas sem aberturas para edifícios com altura superior a 28 m.

Quadro 54 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento em fachadas sem aberturas para edifícios com altura superior a 28 m

Exigências	s1			s2			s3			Sem classificação s		
	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2
A1												
A2												
B												
C												
D												
E												
F												

Para fachadas com aberturas elaboraram-se 2 quadros com as possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento e dos elementos transparentes, de modo a que sejam cumpridas as seguintes exigências:

- C – s2 – d0 para edifícios com altura igual ou inferior a 28 m;
- B – s2 – d0 para edifício com altura superior a 28 m.

No Quadro 55 estão representadas as possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento em fachadas com aberturas para edifícios com altura igual ou inferior a 28 m.

Quadro 55 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento em fachadas com aberturas para edifícios com altura igual ou inferior a 28 m.

Exigências	s1			s2			s3			Sem classificação s		
	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2
A1												
A2												
B												
C												
D												
E												
F												

No Quadro 56 estão representadas as possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento em fachadas com aberturas para edifícios com altura superior a 28 m.

Quadro 56 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento em fachadas com aberturas para edifícios com altura superior a 28 m

Exigências	s1			s2			s3			Sem classificação s		
	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2
A1												
A2												
B												
C												
D												
E												
F												

Para coberturas em terraço elaboraram-se 2 quadros com as possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento, de modo a que sejam cumpridas as seguintes exigências:

- E_{FL} para edifícios com altura até 28 m;
- $A2_{FL} - s1$ para edifícios com altura superior a 28 m.

Neste caso, como as exigências dizem respeito ao revestimento de piso, o modo de organização dos quadros apresenta um aspeto diferente dos anteriores.

A Fig. 22 é apenas informativa e representa o modo de organização destes quadros e as possíveis associações entre a classificação principal e as classificações complementares. É portanto uma síntese do Quadro 17.

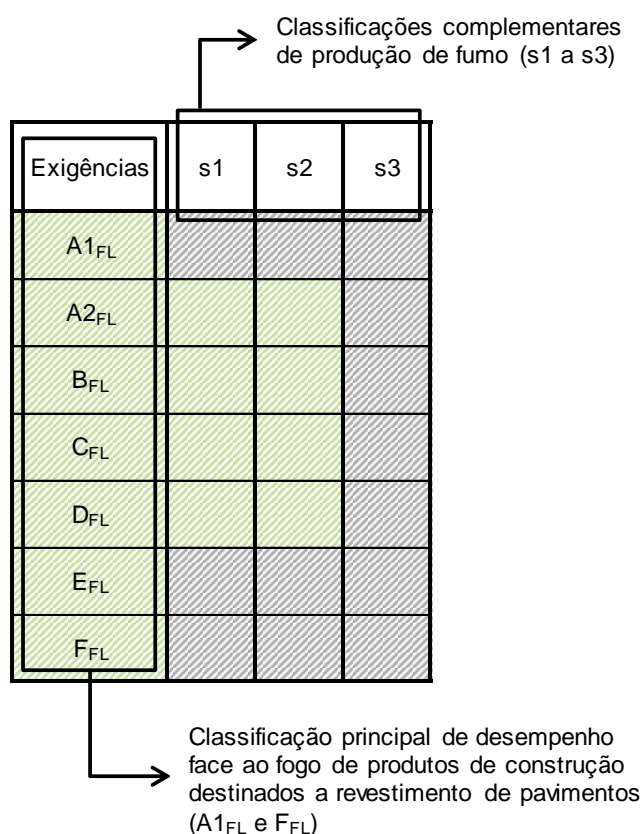


Fig. 22 – Organização dos quadros da exigência Reação ao fogo (F) para coberturas em terraço

No Quadro 57 e 58 estão representadas as possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento de coberturas em terraço para edifícios com altura até 28 m e com uma altura superior a 28 m, respetivamente.

Quadro 57 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento de coberturas em terraço para edifícios com altura até 28 m

Exigências	s1	s2	s3
A _{1FL}			
A _{2FL}			
B _{FL}			
C _{FL}			
D _{FL}			
E _{FL}			
F _{FL}			

Quadro 58 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento de coberturas em terraço para edifícios com altura superior a 28 m

Exigências	s1	s2	s3
A _{1FL}			
A _{2FL}			
B _{FL}			
C _{FL}			
D _{FL}			
E _{FL}			
F _{FL}			

O Quadro 59 representa as possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento exterior de coberturas inclinadas e as possíveis classes de desempenho face ao fogo dos materiais constituintes de tetos falsos, com ou sem função de isolamento térmico ou acústico, de modo a que seja cumprida a exigência: C – s2 – d0.

Quadro 59 – Possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento exterior de coberturas inclinadas e as possíveis classes de desempenho face ao fogo dos materiais constituintes de tetos falsos, com ou sem função de isolamento térmico ou acústico

Exigências	s1			s2			s3			Sem classificação s		
	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2
A1												
A2												
B												
C												
D												
E												
F												

5.3.7. NÍVEIS DE QUALIDADE TÉRMICA

De acordo com o REH, nenhum elemento da envolvente opaca de um edifício pode apresentar um coeficiente de transmissão térmica superficial superior aos valores máximos admissíveis aí definidos. Contudo, com sua atualização, estes valores tornaram-se mais exigentes recorrendo-se cada vez mais a materiais de isolamento com maiores espessuras e consequentemente maiores resistências térmicas.

Assim sendo, atualmente, o cumprimento dos requisitos impostos no REH relativamente aos coeficientes de transmissão térmica superficiais já é muito elevado pelo que não se justifica propor níveis de qualidade térmica superiores, exceto no caso de edifícios com aquecimento contínuo e de altíssima qualidade.

Para este manual de seleção exigencial definiram-se dois níveis de qualidade recomendáveis baseados nos valores do REH e definidos no Quadro 60. O nível 1 – N_1 recomenda que o valor do coeficiente de transmissão térmica superficial seja igual ao valor máximo admissível e o nível 2 – N_2 , aplicável a edifícios com aquecimento contínuo e cujo nível se pretenda superior às elevadíssimas exigências definidas no REH, recomenda que o valor do coeficiente de transmissão térmica superficial seja igual a 80% do valor máximo admissível.

Quadro 60 – Níveis de qualidade térmica recomendados

N_1	$U = U_{\text{máx}}$
N_2	$U = 0,8 U_{\text{máx}}$

No Quadro 61 definiram-se os valores do coeficiente de transmissão térmica superficial máximo para os elementos da envolvente do edifício em zona corrente, para os dois níveis de qualidade térmica, N_1 e N_2 .

Quadro 61 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos em função da zona climática e dos níveis de qualidade térmica

$U_{\text{máx}} [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})]$	I_1		I_2		I_3	
	N_1	N_2	N_1	N_2	N_1	N_2
Paredes	0.50	0.40	0.40	0.32	0.35	0.28
Pavimentos e Coberturas	0.40	0.32	0.35	0.28	0.30	0.24
Paredes enterradas	0.75	0.60	0.60	0.48	0.53	0.42
Pavimentos térreos	0.80	0.64	0.70	0.56	0.60	0.48

5.3.8. RESISTÊNCIA TÉRMICA DO MATERIAL DE ISOLAMENTO

Existem inúmeros parâmetros que devem ser considerados na seleção de materiais de isolamento térmico. Contudo, a resistência térmica é o principal parâmetro na medida em que permite avaliar o seu desempenho térmico e eficiência energética.

Assim sendo, para além das exigências mínimas ISOLE_F torna-se necessário especificar, para cada solução da envolvente, a resistência térmica recomendada para o material de isolamento térmico.

A determinação da resistência térmica do material de isolamento pressupõe:

- Definição da zona climática do edifício de acordo com REH;
- Definição do nível de qualidade térmica desejado para a envolvente do edifício em estudo;
- Consulta dos quadros correspondentes a cada solução da envolvente e obtenção da resistência térmica.

Nos Quadros 62 a 67 indica-se a resistência térmica do material de isolamento (R_{isol}) em função da zona climática (I_1, I_2 e I_3), do nível de qualidade térmica da envolvente (N_1 e N_2) e das configurações dos vários elementos construtivos (paredes, pavimentos e coberturas).

Todos os quadros foram elaborados tendo em conta a equação (11), onde a resistência térmica do material de isolamento, R_{isol} é função do $U_{máx}$ para o elemento considerado e da resistência térmica do elemento sem isolamento, R_{elem} .

$$R_{isol} = \frac{1}{U_{máx}} - R_{elem} \quad (11)$$

Para pavimentos e paredes em contacto com o terreno considerou-se que R_{elem} é igual às resistências R_f e R_w sem isolamento, respetivamente. Neste caso, a resistência térmica do material de isolamento é dada pela equação (12), em função do R_{elem} e U_{limite} .

$$R_{isol} = \frac{1}{U_{limite}} - R_{elem} \quad (12)$$

A resistência térmica do elemento sem isolamento, R_{elem} foi definida em função das várias soluções construtivas e da constituição do elemento. Como referido anteriormente, considerou-se predominantes os elementos em pedra e madeira para os edifícios antigos e os elementos em betão e alvenaria de tijolo para os edifícios com estrutura porticada de betão armado. Deste modo, definiram-se os valores de R_{elem} que permitem obter o valor da resistência térmica do isolamento, R_{isol} . Os valores de R_{elem} foram arredondados apenas para uma casa decimal.

Para definir estes valores recorreu-se a *Edifícios existentes – Medidas de melhoria de desempenho energético e da qualidade do ar interior* [35] e *Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios* [31].

Se o elemento – parede, pavimento ou cobertura – para o qual se quer aplicar o isolamento possuir um valor de resistência térmica sem isolamento diferente da considerada na equação anterior a resistência térmica do isolamento terá que ser ajustada de acordo com a resistência sem isolamento do elemento em estudo. Neste caso, a resistência térmica do isolamento, R'_{isol} é dada pela equação (13).

$$R'_{isol} = R_{elem} - R'_{elem} + R_{isol} \quad (13)$$

Na equação, R'_{elem} designa a resistência térmica do elemento do edifício em estudo, sem isolamento. As restantes parcelas encontram-se definidas anteriormente.

Uma vez definida a solução corrente do elemento para o qual se quer aplicar o isolamento térmico e sabendo em que tipo de construção este se insere – edifícios antigos ou edifícios com estrutura porticada de betão armado – a seleção da resistência térmica do material de isolamento passa pela consulta do quadro correspondente. Através desta consulta é possível obter os valores de R_{elem} e R_{isol} . Conhecida a resistência térmica sem isolamento do elemento em estudo – R'_{elem} e através da aplicação da equação anterior obtém-se o valor da resistência térmica do isolamento a aplicar no elemento correspondente.

Admitindo que, uma parede simples de um edifício sujeito a uma ação de reabilitação apresenta uma resistência térmica igual a $0,5 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ e que o objetivo da ação de reabilitação é a aplicação do isolamento térmico pelo interior na referida parede, sabendo que esta se insere num edifício em estrutura porticada de betão armado na zona climática I₁ com um nível de qualidade térmica N₁. Ao valor da resistência térmica sem isolamento da parede do edifício em estudo designou-se R'_{elem} .

Através da consulta do quadro 65 conclui-se que, para a aplicação do isolamento térmico pelo interior numa parede simples com R_{elem} igual $0,8 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$, o valor de R_{isol} será igual a $1,2 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$. Assim sendo, como a parede em estudo apresenta um valor de R'_{elem} igual a $0,5 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$, diferente de R_{elem} o valor da resistência térmica do isolamento será obtido através da aplicação da equação (14).

$$R'_{\text{isol}} = 0,8 - 0,5 + 1,2 = 1,5 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W} \quad (14)$$

Portanto, nesta parede seria necessário aplicar um material de isolamento pelo interior com um valor de resistência térmica igual a $1,5 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$.

A vantagem da utilização da equação (14) é que, através de um simples cálculo, é possível adaptar o manual às diversas configurações de soluções construtivas.

5.3.8.1. Edifícios Antigos

Nos Quadros 62, 63 e 64 estão indicados os valores da resistência térmica do material de isolamento para as várias configurações de paredes, pavimentos e coberturas, respetivamente de edifícios antigos.

O Quadro 62 indica os valores da resistência térmica recomendada para o material de isolamento em função da zona climática, dos níveis de qualidade, das diferentes configurações e das respetivas resistências térmicas das paredes, sem isolamento, em edifícios antigos.

Quadro 62 – Resistência térmica recomendada do isolamento em paredes de edifícios antigos

Nº	SOLUÇÃO CONSTRUTIVA	R _{elem} (*)	I ₁		I ₂		I ₃	
			N ₁	N ₂	N ₁	N ₂	N ₁	N ₂
PAR_1	Aplicação de isolamento térmico pelo exterior com revestimento contínuo sobre o isolamento - Sistema ETICS	0.3	1.7	2.2	2.2	2.8	2.5	3.2
PAR_2	Aplicação de isolamento térmico pelo exterior com revestimento independente e espaço de ar ventilado - Fachada ventilada	0.4	1.6	2.1	2.1	2.7	2.4	3.1
PAR_3	Aplicação de isolamento térmico pelo interior com revestimento leve (gesso cartonado, madeira, etc.)	0.3	1.7	2.2	2.2	2.8	2.5	3.2
PAR_4	Aplicação de isolamento térmico pelo interior associado a uma forra pesada (alvenaria de tijolo, elemento pré-fabricado de betão, etc.)	0.6	1.4	1.9	1.9	2.5	2.2	2.9
PAR_5	Aplicação de isolamento térmico pelo interior ou exterior em paredes enterradas	0.2	1.2	1.5	1.5	1.9	1.7	2.2
(*) sem isolamento								

- As PAR_1 e PAR_3 foram definidas como paredes em pedra com uma espessura média de 0,40 m, obtendo-se um valor de R_{elem} igual a 0,3 m².°C/W.
- A PAR_2 foi definida como uma parede em pedra com uma espessura média de 0,40 m, tal como as anteriores mas, tendo em conta que se trata de uma parede com espaço de ar ventilado. Por isso, o valor de R_{elem} aumenta para 0,4 m².°C/W, uma vez que se considera que R_{ar} = 0 e R_{si} = R_{se} = 0,13 m².°C/W.
- A PAR_4 foi definida como uma parede de pedra de espessura média de 0,40 m á qual foi associada uma forra pesada em alvenaria de tijolo. Para isso, considerou-se tijolo cerâmico furado com uma espessura de 0,11 m e uma resistência térmica de 0,27 m².°C/W. Assim sendo, a PAR_4 apresenta um valor de R_{elem} igual a 0,6 m².°C/W.
- A PAR_5 foi definida como uma parede em pedra com uma espessura média de 0,40 m (0,3 m².°C/W), mas tratando-se de uma parede em contacto com o terreno, ao valor de R_{elem} subtraíram-se as resistências térmicas superficiais obtendo-se um valor de R_{elem} igual a 0,2 m².°C/W.

O Quadro 63 indica os valores da resistência térmica recomendada para o material de isolamento em função da zona climática, dos níveis de qualidade, das diferentes configurações e das respectivas resistências térmicas dos pavimentos, sem isolamento, em edifícios antigos.

Quadro 63 – Resistência térmica recomendada do isolamento em pavimentos de edifícios antigos

Nº	SOLUÇÃO CONSTRUTIVA	R _{elem} (*)	I ₁		I ₂		I ₃	
			N ₁	N ₂	N ₁	N ₂	N ₁	N ₂
PAV_6	Aplicação de isolamento térmico na camada intermédia de pavimento em madeira	0.5	2.0	2.6	2.4	3.1	2.8	3.7
PAV_7	Aplicação de isolamento térmico em pavimentos térreos com revestimento de madeira	0.4	0.9	1.2	1.1	1.4	1.3	1.7
(*) sem isolamento								

- O PAV_6 foi definido como pavimento em madeira obtendo-se um valor de R_{elem} igual a 0,5 m²·°C/W.
- O PAV_7 foi definido do mesmo modo que o PAV_6, mas tratando-se de um pavimento em contacto com o terreno, ao valor de R_{elem} subtraíram-se as resistências superficiais, obtendo-se um valor de R_{elem} igual a 0,4 m²·°C/W.

O Quadro 64 indica os valores da resistência térmica recomendada para o material de isolamento em função da zona climática, dos níveis de qualidade, das diferentes configurações e das respetivas resistências térmicas das coberturas, sem isolamento, em edifícios antigos.

Quadro 64 – Resistência térmica recomendada do isolamento em coberturas de edifícios antigos

Nº	SOLUÇÃO CONSTRUTIVA	R _{elem} (*)	I ₁		I ₂		I ₃	
			N ₁	N ₂	N ₁	N ₂	N ₁	N ₂
COB_8	Aplicação de isolamento térmico sobre a laje horizontal de coberturas inclinadas com desvão não útil, fortemente ventilado	0.3	2.2	2.9	2.6	3.3	3.1	3.9
COB_9	Aplicação de isolamento térmico sobre a laje horizontal de coberturas inclinadas com desvão acessível e ventilado	0.3	2.2	2.9	2.6	3.3	3.1	3.9
COB_10	Aplicação de isolamento térmico nas vertentes sobre a estrutura resistente de coberturas inclinadas com desvão útil	0.3	2.2	2.9	2.6	3.3	3.1	3.9
COB_11	Aplicação de isolamento térmico em cobertura em terraço com estrutura resistente em madeira	0.7	1.8	2.4	2.1	2.9	2.6	3.5
(*) sem isolamento								

- As COB_8, COB_9 e COB_10 foram definidas como coberturas em madeira e por isso apresentam um valor de R_{elem} igual a $0,3 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$.
- Por fim, a COB_11 foi definida como uma cobertura horizontal com estrutura resistente em madeira e apresenta o valor de R_{elem} de $0,7 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$.

5.3.8.2. Edifícios com Estrutura Porticada de Betão Armado

Nos Quadros 65, 66 e 67 estão indicados os valores da resistência térmica do material de isolamento para as várias configurações de paredes, pavimentos e coberturas, respetivamente de edifícios com estrutura porticada de betão armado.

O Quadro 65 indica os valores da resistência térmica recomendada para o material de isolamento em função da zona climática, dos níveis de qualidade, das diferentes configurações e das respetivas resistências térmicas das paredes, sem isolamento, em edifícios com estrutura porticada de betão armado.

Quadro 65 - Resistência térmica recomendada do isolamento em paredes de edifícios com estrutura porticada de betão armado

Nº	SOLUÇÃO CONSTRUTIVA	R_{elem} (*)	I_1		I_2		I_3	
			N_1	N_2	N_1	N_2	N_1	N_2
PAR_1	Paredes simples com isolamento térmico pelo exterior com revestimento contínuo sobre o isolamento - Sistema ETICS	0.8	1.2	1.7	1.7	2.4	2.1	2.8
PAR_2	Paredes simples com isolamento térmico pelo exterior com revestimento independente e espaço de ar ventilado - Fachada ventilada	0.8	1.2	1.7	1.7	2.3	2.0	2.7
PAR_3	Paredes simples isolamento térmico pelo interior com revestimento leve (gesso cartonado, madeira, etc.)	0.8	1.2	1.7	1.7	2.4	2.1	2.8
PAR_4	Paredes duplas com isolamento térmico preenchendo totalmente a caixa-de-ar	0.8	1.2	1.7	1.7	2.3	2.0	2.7
PAR_5	Paredes duplas com isolamento térmico preenchendo parcialmente a caixa-de-ar	1.0	1.0	1.5	1.5	2.1	1.9	2.6
PAR_6	Paredes enterradas com isolamento térmico pelo interior ou exterior	0.1	1.2	1.6	1.6	2.0	1.8	2.3
(*) sem isolamento								

- A PAR_1 e PAR_3 foram definidas como paredes em alvenaria de tijolo furado com uma espessura média de 0,22 m, obtendo-se um valor de R_{elem} igual a $0,8 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$.

- A PAR_2 foi definida como uma parede de alvenaria de tijolo furado com uma espessura de 0,22 m, tal como as anteriores, mas tendo em conta que se trata de uma parede com espaço de ar ventilado. Por isso, o valor de R_{elem} aumenta para $0,8 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$, uma vez que se considera que $R_{ar} = 0$ e $R_{si} = R_{se} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$.
- A PAR_4 e PAR_5 foram definidas como sendo paredes duplas de alvenaria de tijolo furado com uma espessura de 0,15 m para o pano exterior e 0,11 m para o pano interior. A diferença entre as duas configurações está no facto de o isolamento preencher total ou parcialmente a caixa-de-ar. Assim, a PAR_4 toma um valor de R_{elem} igual a $0,8 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ enquanto a PAR_5 apresenta um valor de R_{elem} igual a $1,0 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$.
- A PAR_6 foi definida como uma parede de betão com uma espessura de 0,20 m mas tratando-se de uma parede em contacto com o terreno, subtraíram-se as resistências térmicas superficiais, obtendo-se um valor de R_{elem} igual a $0,1 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$.

O Quadro 66 indica os valores da resistência térmica recomendada para o material de isolamento em função da zona climática, dos níveis de qualidade, das diferentes configurações e das respetivas resistências térmicas dos pavimentos, sem isolamento, em edifícios com estrutura porticada de betão armado.

Quadro 66 - Resistência térmica recomendada do isolamento em pavimentos de edifícios com estrutura porticada de betão armado

Nº	SOLUÇÃO CONSTRUTIVA	R_{elem} (*)	I ₁		I ₂		I ₃	
			N ₁	N ₂	N ₁	N ₂	N ₁	N ₂
PAV_7	Pavimentos com isolamento térmico sobre a laje	0.3	2.2	2.8	2.5	3.2	3.0	3.8
PAV_8	Pavimentos com isolamento térmico sob a laje - Isolamento térmico fixado diretamente à laje através de fixação mecânica	0.3	2.2	2.8	2.5	3.2	3.0	3.8
PAV_9	Pavimentos com isolamento térmico sob a laje - Teto falso com isolamento térmico na caixa-de-ar	0.5	2.0	2.6	2.4	3.1	2.9	3.7
PAV_10	Pavimentos térreos com isolamento térmico sob a laje armada	0.2	1.1	1.4	1.2	1.6	1.5	1.9
(*) sem isolamento								

- Os PAV_7 e PAV_8 foram definidos através da sua estrutura resistente em betão armado com uma espessura média de 0,20 m, obtendo-se um valor de R_{elem} igual a $0,3 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$.
- O PAV_9 apresenta, igualmente, uma estrutura resistente em betão armado com uma espessura média de 0,20 m, contudo o valor de R_{elem} altera-se devido à caixa-de-ar que lhe está associada. Deste modo, o PAV_9 apresenta um valor de R_{elem} igual a $0,5 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$.

- O PAV_10 foi definido do mesmo modo que o PAV_7 e PAV_8, mas tratando-se de um pavimento em contacto com o terreno, subtraíram-se as resistências térmicas superficiais, obtendo-se um valor de R_{elem} igual a $0,2 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$.

O Quadro 67 indica os valores da resistência térmica recomendada para o material de isolamento em função da zona climática, dos níveis de qualidade, das diferentes configurações e das respetivas resistências térmicas das coberturas, sem isolamento, em edifícios com estrutura porticada de betão armado.

Quadro 67 - Resistência térmica recomendada do isolamento em coberturas de edifícios com estrutura porticada de betão armado

Nº	SOLUÇÃO CONSTRUTIVA	R_{elem} (*)	I_1		I_2		I_3	
			N_1	N_2	N_1	N_2	N_1	N_2
COB_11	Coberturas inclinadas com desvão não útil, fortemente ventilado e com isolamento térmico sobre a laje horizontal	0.3	2.2	2.8	2.6	3.3	3.0	3.9
COB_12	Coberturas inclinadas com desvão acessível e ventilado e com isolamento térmico sobre a laje horizontal	0.3	2.2	2.8	2.6	3.3	3.0	3.9
COB_13	Coberturas inclinadas com desvão útil e com isolamento térmico nas vertentes sobre a estrutura resistente contínua	0.3	2.2	2.8	2.6	3.3	3.0	3.9
COB_14	Coberturas horizontais com isolamento térmico pelo exterior - Cobertura tradicional	0.6	1.9	2.5	2.2	2.9	2.7	3.5
COB_15	Coberturas horizontais com isolamento térmico pelo exterior - Cobertura invertida	0.6	1.9	2.5	2.2	2.9	2.7	3.5
(*) sem isolamento								

- As COB_11, COB_12 E COB_13 foram definidas, tal como os pavimentos, pela sua estrutura resistente em betão armado, com uma espessura média de 0,20 m, obtendo-se assim um valor de R_{elem} igual a $0,3 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$.
- As COB_14 e COB_15 apresentam também uma estrutura resistente em betão armado, o valor de R_{elem} altera-se por se tratar de coberturas horizontais, tomando o valor de $0,6 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$.

Com o objetivo de relacionar a resistência térmica do material de isolamento com a sua espessura elaborou-se o Quadro 68 que apresenta os materiais de isolamento térmico correntemente usados em Portugal e a respetiva condutibilidade térmica em função da massa volúmica.

Através da equação (1) da presente dissertação calcula-se a espessura do material de isolamento em função da condutibilidade e resistência térmica.

Quadro 68 – Condutibilidade térmica dos materiais de isolamento (adaptado de [30])

Materiais de Isolamento Térmico	Massa Volúmica aparente seca, ρ [Kg/m³]	Condutibilidade térmica - λ [W/m·°C]
Lã de Rocha	20 - 35	0,045
	35 - 100	0,040
	100 - 180	0,042
Lã de Vidro	8 - 15	0,045
	15 - 100	0,040
Aglomerado de Cortiça expandida	90 - 140	0,045
Poliestireno expandido	< 11	0,055
	11 - 13	0,045
	13 - 15	0,042
	15 - 20	0,040
	> 20	0,037
Poliestireno extrudido	25 - 40	0,037
Poliuretano	20 - 50	0,040

Retomando o exemplo anterior, apresentado na página 83, concluiu-se que o valor da resistência térmica do material de isolamento a aplicar na parede é igual a 1,5 m²·°C/W. Admita-se que se pretende aplicar placas de poliestireno extrudido. Pela consulta do Quadro 68 o valor da respetiva condutibilidade térmica é igual a 0,037 W/m·°C, a espessura é dada pela equação (15).

$$R = \frac{e}{\lambda} \leftrightarrow e = R \times \lambda = 1,5 \times 0,037 = 0,06 \text{ m} \quad (15)$$

Portanto, para a refirada parede prevê-se a aplicação de placas de poliestireno extrudido com 6 cm de espessura.

6

EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DO MANUAL DE SELEÇÃO PROPOSTO

6.1. DESCRIÇÃO DOS EXEMPLOS

Neste capítulo são apresentados três exemplos com o objetivo de assegurar a aplicação da certificação e do manual proposto na presente dissertação para que, deste modo, seja avaliada a sua aplicabilidade futura.

6.2. EXEMPLO DE APLICAÇÃO 1

6.2.1. APRESENTAÇÃO DO EDIFÍCIO

O primeiro exemplo de aplicação trata-se do conjunto habitacional da cidade do Porto. A construção dos edifícios foi concluída em 1978, tendo sido alvo de uma recente ação de reabilitação da envolvente exterior e das áreas de circulação comuns, em 2011. O conjunto habitacional é constituído por 179 apartamentos que apresentam as tipologias T1 a T5, distribuídos por 4 blocos [36].

Para aplicar o manual de seleção exigencial a este edifício é necessário conhecer e descrever as soluções construtivas da sua envolvente. Neste caso, são descritas as paredes exteriores e a cobertura.

As paredes exteriores são paredes duplas em alvenaria de tijolo perfurado de face à vista, com 0,11 m de espessura pela face exterior, caixa-de-ar com 0,04 m de espessura e pano de alvenaria de tijolo vazado com 0,11 m de espessura pela face interior, rebocado numa das faces com camada de argamassa à base de cimento com 0,02 m de espessura e na outra face com uma camada de estuque com 0,02 m de espessura. A espessura total da parede é cerca de 0,30 m. As paredes exteriores apresentam um valor de U igual a $1,3 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

A cobertura é constituída por vigotas pré-fabricadas de betão apoiadas sobre muretes em alvenaria de tijolo vazado. As chapas de fibrocimento são fixas com grampos metálicos à estrutura da cobertura. O desvão das coberturas é ventilado. Na laje horizontal da cobertura não se encontra aplicado qualquer solução de isolamento térmico. A cobertura apresenta um valor de U cerca de $3,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

6.2.2. APLICAÇÃO DO MANUAL DE SELEÇÃO EXIGENCIAL

Neste caso, a aplicação do manual de seleção exigencial apenas incide nas paredes exteriores e nas coberturas. Para este estudo considerou-se que o edifício possui estrutura porticada de betão armado,

assim sendo, começou-se por associar a cada solução do edifício em estudo as soluções correntes definidas no manual proposto.

Neste caso, prevê-se a aplicação de isolamento térmico pelo exterior com revestimento contínuo sobre o isolamento (Sistema ETICS), correspondendo à PAR_1 do manual proposto.

Definida a solução corrente de parede, é necessário recorrer ao Quadro 28 de modo a definir o nível ISOLE_F a respeitar pelo isolamento térmico.

A Fig. 23 apresenta um excerto do Quadro 28, onde é visível o nível ISOLE_F para o caso da PAR_1.

Nº	SOLUÇÃO CONSTRUTIVA	I	S	O	L	E	F
PAR_1	Paredes simples com isolamento térmico pelo exterior com revestimento contínuo sobre o isolamento - Sistema ETICS	2	4	3	4	(a)	(e)

Fig. 23 – Nível ISOLE_F para a PAR_1 de edifícios com estrutura porticada em betão armado

Conclui-se que, nas paredes do edifício em estudo, deve ser colocado um material de isolamento térmico que corresponda a um nível 2 – 4 – 3 – 4 – (a) – (e), sendo que os índices (a) e (e) remetem para a consulta de quadros.

Para cumprir a exigência E, deverão ser cumpridas as regras de conceção para evitar a ocorrência de condensações internas, pelo que o índice (a) do quadro anterior remete para a consulta do Quadro 32. Para cumprir a exigência F, o índice (e) remete para a consulta do Quadro 42, uma vez que se trata de um edifício de média altura. Deste modo, para cumprir as exigências o material de isolamento térmico deverá possuir uma classe de reação ao fogo não inferior a E – d2, podendo apresentar qualquer uma das classes de desempenho face ao fogo representadas pela cor verde do Quadro 42. O índice (e), para edifícios de média altura, remete ainda para a consulta do Quadro 48 que apresenta as possíveis classes de desempenho face ao fogo do sistema completo de fachadas em ETICS.

Para o material de isolamento térmico ficar completamente definido é necessário conhecer o valor da resistência térmica – R que este terá de cumprir. Em primeiro lugar, é necessário definir a zona climática de Inverno (I) onde o edifício se insere. Neste caso, o edifício localiza-se na cidade do Porto, pelo que pertence à NUT III do Grande Porto, correspondendo à zona climática I₁. Para este caso adotou-se o nível de qualidade térmica N₁.

As paredes do edifício em estudo possuem um valor de U igual a 1,3 W/m²·°C correspondendo a um valor de R'_{elem} igual a 0,8 m²·°C/W.

Pela consulta do Quadro 65, apresentado em excerto na Fig. 24, para uma parede PAR_1 o valor de R_{elem} é igual a 0,8 m²·°C/W, representado a azul, pelo que o valor da resistência térmica a aplicar na referida parede é retirado diretamente do quadro.

Nº	SOLUÇÃO CONSTRUTIVA	R _{elem} (*)	I ₁		I ₂		I ₃	
			N ₁	N ₂	N ₁	N ₂	N ₁	N ₂
PAR_1	Paredes simples com isolamento térmico pelo exterior com revestimento contínuo sobre o isolamento - Sistema ETICS	0.8	1.2	1.7	1.7	2.4	2.1	2.8
(*) sem isolamento								

Fig. 24 – Resistência térmica do isolamento para a PAR_1 de edifícios com estrutura porticada em betão armado

Para a zona climática I₁ e para um nível de qualidade térmica N₁ o valor da resistência térmica do material de isolamento a aplicar na parede terá que ser igual a 1,2 m²·°C/W, representado a vermelho na figura anterior. Para responder a esta resistência, propõe-se a aplicação de painéis de isolamento térmico do tipo Poliestireno expandido (EPS) com uma condutibilidade térmica de 0,040 W/m·°C. Para isso teria que ser aplicado 5 cm de isolamento.

Relativamente à cobertura do edifício em estudo, considerou-se que esta se adaptava à COB_11 correspondente a uma cobertura inclinada com desvão não útil, fortemente ventilado e com a aplicação do isolamento térmico sobre a laje horizontal. Definida a solução corrente de cobertura, é necessário recorrer ao Quadro 30 de modo a definir o nível ISOLE_F a respeitar pelo isolamento térmico.

A Fig. 25 representa um excerto do Quadro 30 para a solução considerada.

Nº	SOLUÇÃO CONSTRUTIVA	I	S	O	L	E	F
COB_11	Coberturas inclinadas com desvão não útil, fortemente ventilado e com isolamento térmico sobre a laje horizontal	1	1	1	1	(b)	(f)

Fig. 25 – Nível ISOLE_F para a COB_11 de edifícios com estrutura porticada em betão armado

Consultando o Quadro 30 verifica-se que para cumprir os requisitos o isolamento térmico deverá ter um nível ISOLE_F de 1 – 1 – 1 – 1 – (b) – (f). Os índices (b) e (f) remetem para a consulta de quadros.

Para cumprir a exigência E, deverão ser cumpridas as regras de conceção para evitar a ocorrência de condensações internas, pelo que o índice (b) do quadro anterior remete para a consulta do Quadro 38.

O índice (f) remete para a consulta do Quadro 59 que apresenta as possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento exterior de coberturas inclinadas.

Para o material de isolamento térmico ficar completamente definido é necessário determinar o valor da resistência térmica – R que este terá que cumprir.

A cobertura em estudo possui um valor de U igual a 3,4 W/m²·°C e por isso um valor de R'_{elem} igual a 0,3 m²·°C/W. Como o Quadro 67 foi elaborado para um valor de R_{elem} igual ao R'_{elem} da cobertura em estudo, o valor da resistência térmica do material de isolamento a aplicar na cobertura será igual a 2,2 m²·°C/W, retirado diretamente do quadro, para I₁ e N₁.

A Fig. 26 representa um excerto do Quadro 67 para a solução considerada.

Nº	SOLUÇÃO CONSTRUTIVA	R _{elem} (*)	I ₁		I ₂		I ₃	
			N ₁	N ₂	N ₁	N ₂	N ₁	N ₂
COB_11	Coberturas inclinadas com desvão não útil, fortemente ventilado e com isolamento térmico sobre a laje horizontal	0.3	2.2	2.8	2.6	3.3	3.0	3.9
(*) sem isolamento								

Fig. 26 – Resistência térmica do isolamento para a COB_11 de edifício com estrutura porticada de betão armado

Para responder à resistência, propõe-se a aplicação de painéis de isolamento térmico do tipo Poliestireno expandido (EPS) com uma condutibilidade térmica de 0,040 W/m·°C. Para isso teria que ser aplicado 9 cm de isolamento.

O Quadro 69 apresenta uma síntese do estudo efetuado.

Quadro 69 – Síntese do estudo efetuado para o exemplo de aplicação 1

Elemento construtivo do edifício em estudo	R' _{elem} [m ² ·°C/W]	Elemento construtivo correspondente no manual	R _{elem} [m ² ·°C/W]	Níveis de qualidade (N)	Zona climática de Inverno (I)	Exigências a cumprir pelo material de isolamento térmico a aplicar no elemento construtivo							Material de isolamento térmico	λ [W/m·°C]	Espessura [cm]
						R	I	S	O	L	E	F			
Paredes	0,8	PAR_1	0,8	N ₁	I ₁	1,2	2	4	3	4	(a)	(e)	EPS	0,040	5
Cobertura	0,3	COB_11	0,3	N ₁	I ₁	2,2	1	1	1	1	(b)	(f)			9

6.3. EXEMPLO DE APLICAÇÃO 2

6.3.1. APRESENTAÇÃO DO EDIFÍCIO

O segundo exemplo de aplicação é um edifício situado na Póvoa de Varzim e é constituído por um único bloco de habitação coletiva de 30 pisos. É composto por uma cave destinada a garagem, rés-do-chão parcialmente destinado a comércio e vários pisos de habitação, sendo o último recuado. Nos andares destinados a habitação existem 9 fogos de tipologia T2 e um fogo de tipologia T1, exceto no recuado onde existem apenas 5 fogos de tipologia T1.

Relativamente às soluções construtivas da envolvente do edifício, são descritas as soluções de paredes exteriores e da cobertura.

As paredes exteriores são paredes em betão armado com uma espessura total de 0,25 m. São constituídas por uma camada de revestimento exterior, a parede em betão, uma fina camada de reboco onde é aplicado o acabamento final, a pintura.

A cobertura é em terraço, apresentando uma camada de impermeabilização realizada com telas betuminosas sobre as quais existe uma camada de proteção de godo. Não existe qualquer isolamento térmico.

As paredes apresentam um valor de U igual a 3,6 W/m²·°C e a cobertura, um U igual a 1,6 W/m²·°C.

6.3.2. APLICAÇÃO DO MANUAL DE SELEÇÃO EXIGENCIAL

Para o edifício em estudo, o manual de seleção exigencial vai ser aplicado apenas às paredes e cobertura.

Para este estudo considerou-se que o edifício possui estrutura porticada de betão armado. Assim sendo, começou-se por associar a cada solução do edifício em estudo as soluções correntes definidas no manual.

No caso das paredes do edifício em estudo, considerou-se que, por se tratar de paredes simples, estas deveriam ser submetidas a uma ação de reabilitação que consiste na aplicação de isolamento térmico pelo exterior com revestimento independente e espaço de ar ventilado dando origem a uma fachada ventilada. Esta solução corresponde à parede PAR_2 do manual de seleção exigencial.

Conhecida a solução corrente a que as paredes do edifício em estudo correspondem é necessário recorrer à análise do Quadro 28 para conhecer os níveis ISOLE_F para esta solução.

A Fig. 27 apresenta um excerto do Quadro 28, onde é visível o nível ISOLE_F para o caso da PAR_2.

Nº	SOLUÇÃO CONSTRUTIVA	I	S	O	L	E	F
PAR_2	Paredes simples com isolamento térmico pelo exterior com revestimento independente e espaço de ar ventilado - Fachada ventilada	1	1	2	2	(b)	(f)

Fig. 27 – Nível ISOLE_F para a PAR_2 de edifícios com estrutura porticada em betão armado

Conclui-se que, nas paredes do edifício em estudo, deve ser colocado um material de isolamento térmico que corresponda a um nível 1 – 1 – 2 – 2 – (b) – (f). Os índices (b) e (f) remetem para a consulta de quadros.

Para cumprir a exigência E, o material de isolamento deverá cumprir as regras de conceção para evitar a ocorrência de condensações internas, pelo que o índice (b) remete para a consulta do Quadro 33.

Para cumprir a exigência F, o índice (f) remete para a consulta do Quadro 46, uma vez que o edifício em estudo apresenta uma altura superior a 28 m. Desse modo, o material de isolamento térmico deverá possuir uma classe de reação ao fogo não inferior a A2 – s2 – d0, podendo apresentar qualquer uma das classes de desempenho face ao fogo representadas pela cor verde no Quadro 46 Além disso, o índice (f) remete para a consulta do Quadro 52 onde são apresentadas a cor verde as exigências para a estrutura de suporte do sistema de isolamento e o revestimento da superfície externa e das que confinam o espaço de ar ventilado.

Para o material de isolamento térmico ficar completamente definido é necessário conhecer o valor da resistência térmica – R que este terá de cumprir. Como o edifício se localiza na Póvoa de Varzim, insere-se na NUT III do Grande Porto, que pertence à zona climática de Inverno I₁.

Para este caso, as paredes do edifício em estudo possuem um valor de U igual a 3,6 W/m²·°C correspondendo a um valor de R'_{elem} igual a 0,3 m²·°C/W. Contudo pela consulta do Quadro 65, para uma parede PAR_2 o valor considerado para R_{elem} sem isolamento térmico é igual 0,8 m²·°C/W,

representado a azul, correspondendo, para I_1 e N_1 , a um valor de R_{isol} igual a $1,2 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$, representado a vermelho.

A Fig. 28 apresenta um excerto do Quadro 65.

Nº	SOLUÇÃO CONSTRUTIVA	R_{elem} (*)	I_1		I_2		I_3	
			N_1	N_2	N_1	N_2	N_1	N_2
PAR_2	Paredes simples com isolamento térmico pelo exterior com revestimento independente e espaço de ar ventilado - Fachada ventilada	0.8	1.2	1.7	1.7	2.3	2.0	2.7
(*) sem isolamento								

Fig. 28 – Resistência térmica do isolamento para a PAR_2 de edifício com estrutura porticada de betão armado

É por isso necessário utilizar a equação (16) para se obter o valor do isolamento a aplicar na parede em estudo.

$$R'_{isol} = R_{elem} - R'_{elem} + R_{isol} = 0,8 - 0,3 + 1,2 = 1,7 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W} \quad (16)$$

Da aplicação da equação resulta o valor de R que o isolamento térmico terá que ter para que cumpra os requisitos. Neste caso, terá que ter um valor de R igual a $1,7 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$. Propõe-se a aplicação de lã de rocha com uma condutibilidade térmica igual a $0,040 \text{ W}/\text{m} \cdot ^\circ\text{C}$. Para isso, este material deve ser aplicado com uma espessura de 7 cm.

Relativamente à cobertura, como se trata de uma cobertura em terraço com uma camada de impermeabilização, optou-se, como estratégia de reabilitação, pela aplicação de isolamento térmico pelo exterior. Neste caso, o isolamento térmico deverá ser aplicado sobre o sistema de impermeabilização, dando origem a uma cobertura invertida, adaptando-se à solução corrente COB_15.

Consultando o Quadro 30 verifica-se que para cumprir os requisitos o isolamento térmico deverá ter um nível ISOLE_F de (a) – 2 – 3 – 4 – (e) – (g).

A Fig. 29 representa um excerto do Quadro 30 para a solução considerada.

Nº	SOLUÇÃO CONSTRUTIVA	I	S	O	L	E	F
COB_15	Coberturas horizontais com isolamento térmico pelo exterior - Cobertura invertida	(a)	2	3	4	(e)	(g)

Fig. 29 – Nível ISOLE_F para a COB_15 de edifícios com estrutura porticada em betão armado

Os índices (a), (e) e (g) remetem para a consulta dos Quadros 31, 41 e 58, respectivamente. Pela consulta do Quadro 31 e sabendo que a carga total aplicada na cobertura é inferior a 5 kN/m^2 , a exigência I para este caso corresponde ao nível 3, resultando num ISOLE_F igual a 3 – 2 – 3 – 4 – (e) – (g).

Para cumprir a exigência E, o material de isolamento deverá cumprir as regras de concepção para evitar a ocorrência de condensações internas, pelo que o índice (e) remete para a consulta do Quadro 41.

O índice (g) remete para a consulta do Quadro 58, uma vez que se trata de um edifício com uma altura superior a 28 m. O quadro apresenta as possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento de coberturas em terraço. Para cumprir os requisitos, basta o revestimento da cobertura possua qualquer uma das classes representadas a cor verde nesse quadro.

Para o material de isolamento térmico ficar completamente definido é necessário determinar o valor da resistência térmica – R que este terá que cumprir.

Neste caso, como R_{elem} é igual a R'_{elem} , o valor da resistência térmica do material de isolamento a aplicar resulta da leitura direta do valor do Quadro 67, obtendo-se um valor para a resistência térmica do isolamento igual a $1,9 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$.

A Fig. 30 representa um excerto do Quadro 67 para a solução considerada. A azul encontra-se representada o valor de R_{elem} igual a R'_{elem} e a vermelho a resistência térmica do isolamento.

Nº	SOLUÇÃO CONSTRUTIVA	R_{elem} (*)	I_1		I_2		I_3	
			N_1	N_2	N_1	N_2	N_1	N_2
COB_15	Coberturas horizontais com isolamento térmico pelo exterior - Cobertura invertida	0.6	1.9	2.5	2.2	2.9	2.7	3.5
(*) sem isolamento								

Fig. 30 – Resistência térmica do isolamento para a COB_15 de edifício com estrutura porticada de betão armado

Para aplicar um material de isolamento térmico do tipo lã de rocha com uma condutibilidade térmica igual a $0,040 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$, este teria que ter uma espessura de 8 cm.

O Quadro 70 apresenta uma síntese do estudo efetuado.

Quadro 70 – Síntese do estudo efetuado para o exemplo de aplicação 2

Elemento construtivo do edifício em estudo	R'_{elem} [$\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$]	Elemento construtivo correspondente no manual	R_{elem} [$\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$]	Níveis de qualidade (N)	Zona climática de Inverno (I)	Exigências a cumprir pelo material de isolamento térmico a aplicar no elemento construtivo							Material de isolamento térmico	λ [$\text{W/m} \cdot ^\circ\text{C}$]	Espessura [cm]
						R	I	S	O	L	E	F			
Paredes	0,3	PAR_2	0,8	N_1	I_1	1,7	1	1	2	2	(b)	(f)	Lã de Rocha	0,040	7
Cobertura	0,6	COB_15	0,6	N_1	I_1	1,9	3	2	3	4	(e)	(g)			8

6.4. EXEMPLO DE APLICAÇÃO 3

6.4.1. APRESENTAÇÃO DO EDIFÍCIO

O último exemplo de aplicação é uma moradia isolada de tipologia T3 e composta por dois pisos. No primeiro piso encontram-se a garagem, a lavandaria, o escritório e uma casa de banho e no segundo, a sala de jantar, a sala de estar, a cozinha, os três quartos, duas casa de banho e um sanitário.

A parede do edifício em estudo trata-se de uma parede dupla com a seguinte constituição:

- Alvenaria de granito ($e = 0,28$ m)
- Caixa-de-ar ($e = 0,04$ m)
- Alvenaria de tijolo furado ($e = 0,07$ m)
- Reboco interior ($e = 0,02$ m)

A parede sem isolamento térmico apresenta um valor de R igual a $0,7 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$

O pavimento exterior do edifício em estudo apresenta a seguinte constituição:

- Soalho de madeira ($e = 0,02$ m)
- Caixa-de-ar ($e = 0,03$ m)
- Laje aligeirada ($e = 0,25$ m)
- Reboco ($e = 0,02$ m)

O pavimento sem isolamento térmico apresenta um valor de R igual a $0,7 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$.

Além disso, o edifício em estudo possui um pavimento térreo que apresenta a seguinte constituição:

- Soalho de madeira ($e = 0,02$ m)
- Betão armado ($e = 0,15$ m)
- Camada de impermeabilização cuja contribuição para a resistência térmica foi desprezada

O pavimento sem isolamento térmico apresenta um valor de R igual a $1,0 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$.

A cobertura é plana com isolamento térmico pelo exterior, à qual está prevista a colocação do isolamento térmico sobre a camada de impermeabilização, pelo que se trata de uma cobertura invertida com a seguinte constituição:

- Godo ($e = 0,05$ m)
- Geotêxtil
- Telas betuminosas ($e = 0,01$ m)
- Camada de betão leve ($e = 0,08$ m)
- Laje aligeirada ($e = 0,25$ m)
- Reboco ($e = 0,02$ m)

A cobertura, sem isolamento térmico apresenta um U igual a $1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ e um R igual a $0,8 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$.

6.4.2. APLICAÇÃO DO MANUAL DE SELEÇÃO EXIGENCIAL

Para o edifício em estudo, o manual de seleção exigencial vai ser aplicado às paredes, pavimentos e coberturas.

Em primeiro lugar é necessário definir a zona climática de Inverno onde o edifício se insere. Neste caso o edifício localiza-se na zona climática I_2 . Considerou-se um nível de qualidade N_1 e, uma vez

que se trata de uma construção nova, pode ser integrado em edifícios de estrutura porticada de betão armado.

As paredes do edifício em estudo definem-se como paredes duplas em que o isolamento térmico será aplicado parcialmente na caixa-de-ar pelo que se inserem na solução corrente PAR_5 do manual de seleção exigencial.

Conhecida a solução corrente a que as paredes do edifício em estudo correspondem, é necessário recorrer à análise do Quadro 28 para conhecer os níveis ISOLE_F para esta solução.

A Fig. 31 apresenta um excerto do Quadro 28, onde é visível o nível ISOLE_F para o caso da PAR_5.

Nº	SOLUÇÃO CONSTRUTIVA	I	S	O	L	E	F
PAR_5	Paredes duplas com isolamento térmico preenchendo parcialmente a caixa-de-ar	1	1	2	2	(d)	(g)

Fig. 31 – Nível ISOLE_F para a PAR_5 de edifícios com estrutura porticada em betão armado

Conclui-se que, nas paredes do edifício em estudo, deve ser colocado um material de isolamento térmico que corresponda a um nível 1 – 1 – 2 – 2 – (d) – (g). Os índices (d) e (g) remetem para a consulta de quadros.

Para cumprir a exigência E, o material de isolamento deverá cumprir as regras de conceção para evitar a ocorrência de condensações internas, pelo que o índice (d) remete para a consulta do Quadro 35.

O índice (g) remete para o Quadro 53 e 55, uma vez que se trata de um edifício com uma altura inferior a 28 m. O Quadro 53 apresenta as possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento em fachadas sem aberturas e o Quadro 55 representa as possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento de fachadas com aberturas. Para cumprir os requisitos, basta que os revestimentos das paredes possuam qualquer uma das classes representadas nos Quadros 53 e 55, para fachadas sem e com aberturas, respetivamente.

Para o material de isolamento térmico ficar completamente definido é necessário conhecer o valor da resistência térmica – R que este terá de cumprir.

A Fig. 32 apresenta um excerto do Quadro 65. A azul está representado o valor de R_{elem} e a vermelho o valor R_{isol} para a zona climática I_2 e para um nível de qualidade térmica N_1 .

Nº	SOLUÇÃO CONSTRUTIVA	R_{elem} (*)	I_1		I_2		I_3	
			N_1	N_2	N_1	N_2	N_1	N_2
PAR_5	Paredes duplas com isolamento térmico preenchendo parcialmente a caixa-de-ar	1.0	1.0	1.5	1.5	2.1	1.9	2.6
(*) sem isolamento								

Fig. 32 – Resistência térmica do isolamento para a PAR_5 de edifício com estrutura porticada de betão armado

A parede do edifício em estudo apresenta um valor de R'_{elem} igual a $0,7 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$. Contudo, para a parede PAR_5 a resistência do isolamento foi calculada para um valor de R_{elem} igual a $1,0 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ correspondendo a um valor de R_{isol} igual a $1,5 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$, pelo que a resistência do isolamento a aplicar na parede do edifício em estudo é dada pela equação (17).

$$R'_{isol} = R_{elem} - R'_{elem} + R_{isol} = 1,0 - 0,7 + 1,5 = 1,8 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W} \quad (17)$$

Da aplicação da equação resulta o valor de R que o isolamento térmico terá que ter para que cumpra os requisitos. Neste caso, terá que ter um valor de R igual a $1,8 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$. Neste caso propõe-se a aplicação de placas de poliestireno extrudido com uma condutibilidade térmica igual $0,037 \text{ W}/\text{m} \cdot ^\circ\text{C}$. Para isso, será necessário aplicar 7 cm de isolamento.

Para o pavimento exterior prevê-se a aplicação do isolamento térmico sob a laje aligeirada. Assim sendo, este pavimento corresponde ao pavimento PAV_7 deste manual. Pela consulta do Quadro 29 conclui-se que o nível ISOLE_F do material de isolamento deverá ser (a) – 1 – 2 – 2 – (b) – (-).

A Fig. 33 apresenta um excerto do Quadro 29, onde é visível o nível ISOLE_F para o caso do PAV_7.

Nº	SOLUÇÃO CONSTRUTIVA	I	S	O	L	E	F
PAV_7	Pavimentos com isolamento térmico sobre a laje	(a)	1	2	2	(b)	(-)

Fig. 33 – Nível ISOLE_F para a PAV_7 de edifícios com estrutura porticada em betão armado

Os índices (a) e (b) remetem para a consulta dos Quadros 31 e 36, respetivamente.

Através da consulta do Quadro 31 e sabendo que a carga total aplicada no pavimento é inferior a $5 \text{ kN}/\text{m}^2$, a exigência I para este caso corresponde ao nível 3, resultando num ISOLE_F igual a 3 – 1 – 2 – 2 – (b) – (-).

Conclui-se que para cumprir a exigência E, o material de isolamento deverá cumprir as regras de conceção para evitar a ocorrência de condensações internas definidas no Quadro 36.

Neste caso, não existe exigências relativas à reação ao fogo.

O material de isolamento térmico só fica completamente definido, se ao nível ISOLE_F se juntar o valor da resistência térmica.

O pavimento exterior do edifício em estudo apresenta um valor de R'_{elem} igual a $0,7 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ diferente do correspondente ao PAV_7, R_{elem} , igual a $0,3 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$. O valor de R_{isol} associado ao PAV_7 do manual de seleção exigencial é igual a $2,5 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$.

A Fig. 34 representa um excerto do Quadro 66 para a solução considerada. A azul encontra-se representado o valor de R_{elem} e a vermelho o valor de R_{isol} correspondente à zona climática I_2 e a um nível de qualidade térmica de N_1 .

Nº	SOLUÇÃO CONSTRUTIVA	R _{elem} (*)	I ₁		I ₂		I ₃	
			N ₁	N ₂	N ₁	N ₂	N ₁	N ₂
PAV_7	Pavimentos com isolamento térmico sobre a laje	0.3	2.2	2.8	2.5	3.2	3.0	3.8
(*) sem isolamento								

Fig. 34 – Resistência térmica do isolamento para a PAV_7 de edifício com estrutura porticada de betão armado

Por isso, a resistência térmica do isolamento a aplicar no pavimento do edifício em estudo, é dada pela equação (18).

$$R'_{isol} = R_{elem} - R'_{elem} + R_{isol} = 0,3 - 0,7 + 2,5 = 2,1 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W} \quad (18)$$

Da aplicação da equação resulta o valor de R que o isolamento térmico terá que ter para que cumpra os requisitos. Neste caso, terá que ter um valor de R igual a 2,1 m²·°C/W. Propõe-se, também a aplicação de placas de poliestireno extrudido com uma condutibilidade térmica igual 0,037 W/m·°C. Para isso, será necessário aplicar 8 cm de isolamento.

Relativamente ao pavimento térreo, este corresponde ao PAV_10 do presente manual. Consultando o Quadro 29, apresentado em excerto na Fig. 33, conclui-se que o nível ISOLE_F exigido para o material de isolamento deverá ser (a) – 1 – 2 – 2 – (b) – (-).

A Fig. 35 apresenta um excerto do Quadro 29, onde é visível o nível ISOLE_F para o caso do PAV_10

Nº	SOLUÇÃO CONSTRUTIVA	I	S	O	L	E	F
PAV_10	Pavimentos térreos com isolamento térmico sob a laje	(a)	1	2	2	(b)	(-)

Fig. 35 – Nível ISOLE_F para a PAV_10 de edifícios com estrutura porticada em betão armado

Os índices (a) e (b) remetem para a consulta dos Quadros 31 e 36, respetivamente. Através da consulta do Quadro 31 e sabendo que a carga total aplicada na cobertura é inferior a 5 kN/m², a exigência I para este caso corresponde ao nível 3, resultando num ISOLE_F igual a 3 – 1 – 2 – 2 – (b) – (-).

Conclui-se que para cumprir a exigência E, o material de isolamento deverá cumprir as regras de conceção para evitar a ocorrência de condensações internas definidas no Quadro 36.

Neste caso, não existe exigências relativas à reação ao fogo.

O material de isolamento térmico só fica completamente definido, se ao nível ISOLE_F se juntar o valor da resistência térmica.

O pavimento térreo do edifício em estudo apresenta um valor de R'_{elem} igual a $1,0 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$. Pela análise do Quadro 66, conclui-se que o valor de R_{elem} é igual a $0,2 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$ originando um valor de R_{isol} , para I_2 e N_1 igual a $1,2 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$.

A Fig. 36 apresenta um excerto do Quadro 66, em que a azul se encontra representado o valor de R_{elem} e a vermelho o valor de R_{isol} .

Nº	SOLUÇÃO CONSTRUTIVA	R_{elem} (*)	I_1		I_2		I_3	
			N_1	N_2	N_1	N_2	N_1	N_2
PAV_10	Pavimentos térreos com isolamento térmico sob a laje armada	0.2	1.1	1.4	1.2	1.6	1.5	1.9
(*) sem isolamento								

Fig. 36 – Resistência térmica do isolamento para a PAV_10 de edifício com estrutura porticada de betão armado

A resistência térmica do isolamento a aplicar no pavimento do edifício em estudo é, por isso, dada pela equação (19).

$$R'_{isol} = R_{elem} - R'_{elem} + R_{isol} = 0,2 - 1,0 + 1,2 = 0,4 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W} \quad (19)$$

Da aplicação da equação resulta o valor de R que o isolamento térmico terá que ter para que cumpra os requisitos. Neste caso, terá que ter um valor de R igual a $0,4 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$. No pavimento térreo propõe-se a aplicação de placas de poliestireno extrudido com uma condutibilidade térmica igual $0,037 \text{ W}/\text{m} \cdot ^\circ\text{C}$ pelo que será necessário recorrer a 2 cm de isolamento.

Relativamente à cobertura, esta é em terraço e prevê-se a aplicação do isolamento térmico sobre a camada de impermeabilização pelo que corresponde à COB_15 do manual. Consultando o Quadro 30 verifica-se que para cumprir os requisitos o isolamento térmico deverá ter um nível ISOLE_F de (a) – 2 – 3 – 4 – (e) – (g).

A Fig. 37 representa um excerto do Quadro 30 para a solução considerada.

Nº	SOLUÇÃO CONSTRUTIVA	I	S	O	L	E	F
COB_15	Coberturas horizontais com isolamento térmico pelo exterior - Cobertura invertida	(a)	2	3	4	(e)	(g)

Fig. 37 – Nível ISOLE_F para a PAV_15 de edifícios com estrutura porticada em betão armado

Os índices (a), (e) e (g) remetem para a consulta dos Quadros 31, 41 e 57, respetivamente. Pela consulta do Quadro X e sabendo que a carga total aplicada na cobertura é inferior a 5 kN/m^2 , a exigência I para este caso corresponde ao nível 3, resultando num ISOLE_F igual a 3 – 2 – 3 – 4 – (e) – (g).

Para cumprir a exigência E, deverão ser cumpridas as regras de conceção para evitar a ocorrência de condensações internas, pelo que o índice (e) remete para a consulta do Quadro 41.

O índice (g) remete para a consulta do Quadro 57, uma vez que o edifício apresenta uma altura inferior a 28 m. Este quadro representa as possíveis classes de desempenho face ao fogo do revestimento de coberturas em terraço. Para cumprir os requisitos, basta que as paredes possuam qualquer uma das classes representadas a cor verde no Quadro 57.

Para o material de isolamento térmico ficar completamente definido é necessário determinar o valor da resistência térmica – R que este terá que cumprir.

A Fig. 38 apresenta um excerto do Quadro 67. A azul está representado o valor de R_{elem} e a vermelho o valor de R_{isol} correspondente à zona climática I_2 e a um nível de qualidade térmica N_1 .

Nº	SOLUÇÃO CONSTRUTIVA	R_{elem} (*)	I_1		I_2		I_3	
			N_1	N_2	N_1	N_2	N_1	N_2
COB_15	Coberturas horizontais com isolamento térmico pelo exterior - Cobertura invertida	0.6	1.9	2.5	2.2	2.9	2.7	3.5
(*) sem isolamento								

Fig. 38 – Resistência térmica do isolamento para a PAV_15 de edifício com estrutura porticada de betão armado

A cobertura, como foi referido anteriormente, apresenta um valor de R'_{elem} igual a $0,8 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$. Contudo, para a COB_15 a resistência do isolamento foi calculada para um valor de R_{elem} igual a $0,6 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$ correspondendo a um valor de R_{isol} , para a I_2 e N_1 , igual a $2,2 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$, pelo que a resistência do isolamento a aplicar na cobertura em estudo é dada pela equação (20).

$$R'_{isol} = R_{elem} - R'_{elem} + R_{isol} = 0,6 - 0,8 + 2,2 = 2,0 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W} \quad (20)$$

Da aplicação da equação resulta o valor de R que o isolamento térmico terá que ter para que cumpra os requisitos. Neste caso, terá que ter um valor de R igual a $2,0 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$. Para a cobertura, propõe-se também a aplicação de placas de poliestireno extrudido com uma condutibilidade térmica igual $0,037 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$, o que implica colocar 7 cm de isolamento.

O Quadro 71 apresenta uma síntese do estudo efetuado.

Quadro 71 – Síntese do estudo efetuado para o exemplo de aplicação 3

Elemento construtivo do edifício em estudo	R_{elem}^* [m ² ·°C/W]	Elemento construtivo correspondente no manual	R_{elem} [m ² ·°C/W]	Níveis de qualidade (N)	Zona climática de Inverno (I)	Exigências a cumprir pelo material de isolamento térmico a aplicar no elemento construtivo							Material de isolamento térmico	λ [W/m·°C]	Espessura [cm]
						R	I	S	O	L	E	F			
Paredes	0,7	PAR_5	1,0	N ₁	I ₂	1,8	1	1	2	2	(d)	(g)	Poliestireno extrudido	0,037	7
Pavimento exterior	0,7	PAV_7	0,3	N ₁	I ₂	2,1	3	1	2	2	(b)	(-)			8
Pavimento térreo	1,0	PAV_10	0,2	N ₂	I ₃	0,4	3	1	2	2	(b)	(-)			2
Cobertura	0,8	COB_15	0,6	N ₁	I ₂	2,0	3	2	3	4	(e)	(g)			8

7

CONCLUSÕES

7.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente capítulo tem como objetivo apresentar as principais conclusões retiradas após a elaboração da dissertação e os possíveis desenvolvimentos futuros que esta poderá originar.

Através da realização da presente dissertação foi possível desenvolver conhecimentos no âmbito da térmica e da reabilitação de edifícios. A abordagem e o cumprimento dos objetivos principais e complementares propostos no capítulo de introdução permitiram retirar as seguintes conclusões:

- Os materiais de isolamento térmico, devido à sua capacidade de reduzirem a quantidade de calor que é transferida, possuem um papel importante no desempenho global do edifício. Quando devidamente aplicados permitem controlar a temperatura interior de um edifício, minimizando o recurso a sistemas de climatização e garantindo uma poupança nos consumos de energia;
- A existência de um documento regulamentar no âmbito da térmica de edifícios é uma mais-valia para o setor da construção, pois, através da imposição de um conjunto de requisitos na fase de projeto, permite reduzir o consumo de energia dos edifícios e consequentemente os custos que lhe estão associados;
- A existência de valores máximos para os coeficientes de transmissão térmica superficiais, $U_{\text{máx}}$ contribui para a aplicação, obrigatória, de materiais de isolamento térmico e consequente eficiência energética dos edifícios;
- Os valores dos coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos, $U_{\text{máx}}$ têm vindo a diminuir ao longo do tempo tornando as exigências de isolamento cada vez mais rigorosas. Atualmente, estes valores encontram-se bastante reduzidos obrigando à aplicação de materiais de isolamento com espessuras bastante elevadas. A tendência é que os valores de $U_{\text{máx}}$ continuem a diminuir em correspondência das crescentes preocupações com o consumo de energia no setor. Para uma construção sustentável é necessário encontrar o equilíbrio entre o consumo de energia e as exigências de isolamento térmico;
- A procura crescente de materiais de isolamento térmico que melhorassem o desempenho térmico dos edifícios conduziu ao aparecimento de uma vasta gama de novos produtos com diferentes características, o que tornou a escolha dos materiais de isolamento mais difícil e pouco exigente havendo a necessidade de recorrer a um modelo de certificação com o objetivo de oferecer ao projetista a garantia prévia de que o produto se encontra conforme as normas. A certificação proposta na presente dissertação usa como base a certificação

ACERMI, visto que utiliza, nos seus produtos, uma etiqueta que possui a informação necessária de modo a facilitar a comparação dos materiais e ainda, por ser a única que já se encontra associada a um Perfil de adequação ao uso. Ainda assim, com o objetivo de diferenciar os materiais de isolamento face ao fogo foi necessário introduzir, à certificação anterior, uma parcela relativa á reação ao fogo;

- A certificação de materiais de isolamento térmico e o manual para a sua seleção exigencial encontram-se, inevitavelmente, associados;
- O manual de seleção exigencial de materiais de isolamento térmico é uma ferramenta simples e essencial na escolha de materiais de isolamento uma vez que garante a eficácia da sua aplicação consoante as suas características e funções a que se destina. Para isso definiram-se as soluções correntes da envolvente de edifícios tendo em conta que o manual se encontra particularmente direcionado para a reabilitação. A cada solução construtiva corresponde um nível ISOLE_F e uma resistência térmica para o isolamento. Para que o material de isolamento seja corretamente aplicado numa determinada solução construtiva terá que cumprir o respetivo nível ISOLE_F e resistência térmica;
- Os três exemplos de aplicação apresentados validam o modelo desenvolvido nesta dissertação.

Retomando a questão inicial - *Qual o material de isolamento térmico mais adequado para determinada solução construtiva?* – esta fica respondida com a aplicação do manual de seleção exigencial de materiais de isolamento térmico que é comprovado nos exemplos de aplicação apresentados.

7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Tendo por base o trabalho desenvolvido nesta dissertação, existem ainda alguns aspetos que podem ser melhorados e estudados com maior detalhe. Para tal, propõem-se então os seguintes desenvolvimentos futuros:

- Estudar as características acústicas dos materiais de isolamento térmico e introduzi-las no manual como exigências de forma a associar o conforto térmico e acústico;
- Criar uma classificação quantitativa para definir a exigência de permeabilidade ao vapor de água – E e reação ao fogo – F evitando a consulta de inúmeros quadros;
- Criar uma base de dados com os materiais de isolamento fabricados em Portugal organizados em fichas-tipo e incorporá-la numa plataforma informática para uma rápida análise e fácil aplicação;
- Dividir o manual por elemento construtivo de modo a simplificar a sua consulta e facilitar a escolha do material mais adequado de modo a atingir o melhor desempenho desse elemento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Al-Homoud, M.S., Performance characteristics and practical applications of common building thermal insulation materials. *Building and environment*, 2005. 40(3): p. 353-366.
- [2] Freitas, V. and M. Pinto, Metodologia para a Seleção Exigencial de Isolantes Térmicos—Nota de Informação Técnica—NIT 001. LFC (FEUP), Porto, 2000.
- [3] Aditya, L., et al., A review on insulation materials for energy conservation in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017. 73: p. 1352-1365.
- [4] Schiavoni, S., F. Bianchi, and F. Asdrubali, Insulation materials for the building sector: A review and comparative analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016. 62: p. 988-1011.
- [5] TERMOLAN. Principais características da lã de rocha. [29-5-2017]; Available from: <http://termolan.pt/produtos/principais-caracteristicas/>.
- [6] Iberfibran. Produtos Fibranxps. [29-5-2017]; Available from: <http://www.fibran.com.pt/frontend/articles.php?cid=74>.
- [7] Isolamentos, A. Aglomerado expandido de cortiça. [29-5-2017]; Available from: <http://www.amorimisolamentos.com/vantagens/quais-as-vantagens/>.
- [8] Iberfibran. Fibran - Portugal. [29-5-2017]; Available from: <http://www.fibran.com.pt/frontend/articles.php?cid=56>.
- [9] Isolamentos, A. Quem somos. [29-5-2017]; Available from: <http://www.amorimisolamentos.com/sobre-nos/quem-somos/>.
- [10] TERMOLAN. A empresa. 29-5-2017]; Available from: <http://termolan.pt/empresa/>.
- [11] República, D.d., dos Edifícios (RCCTE)-Decreto Lei nº 40/90 de 6 de Fevereiro. 1990. Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações (MOPTC): Portugal, 1990.
- [12] República, D.d., dos Edifícios (RCCTE)-Decreto-Lei nº 80/2006 de 4 de Abril. Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações (MOPTC), Portugal, 2006.
- [13] República, D.d., Decreto-Lei nº 118/2013. Ministério da Economia e do Emprego, 2013.
- [14] República, D.d., Decreto-Lei nº 194/2015. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, 2015.
- [15] Rodrigues, M.P., Evolução da Regulamentação Térmica de Edifícios-Estudo Comparativo. 2014.
- [16] República, D.d., Despacho (extrato) nº 15793-F/2013. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia - Direção-Geral de Energia e Geologia, 2013.
- [17] República, D.d., Portaria nº 379-A/2015. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, 2015.
- [18] República, D.d., Despacho (extrato) nº 15793-K/2013. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia - Direção-Geral de Energia e Geologia, 2013.
- [19] Silva Manuel António Pinto, d., Metodologia para a definição exigencial de isolantes térmicos. 1996, Porto.
- [20] ACERMI, Référentiel pour la certification des produits isolants thermiques - Référentiel Général. 2014.

- [21] ACERMI, Certificat des matériaux et produits destinés à l'isolation thermique des bâtiments - Règles Générales. 2014.
- [22] ACERMI, Cahier Technique F - Profil d'usage ISOLE. 2014.
- [23] Apontamentos da unidade curricular de Tecnologia das Construções - Isolamento térmico. 2017.
- [24] ACERMI. Etiqueta informativa. [29-5-2017]; Available from: <http://www.acermi.com/en/marque-acermi/un-etiquetage-qui-engage/>.
- [25] ACERMI, Cahier Technique D - Règles de marquage. 2014.
- [26] AENOR, Reglamento Particular de la Marca AENOR para materiales aislantes térmicos - Requisitos comunes. 2016.
- [27] AENOR. Marcação. [29-5-2017]; Available from: http://www.aenor.es/aenor/certificacion/calidad/calidad_producto_aisla_term.asp#.WUf8MOv1DIU.
- [28] Pontífice, P., M. VEIGA, and F. Carvalho. A homologação do LNEC e a marcação CE de produtos de construção. O caso das argamassas pré-doseadas de revestimento de paredes. in 1º Congresso Nacional de Argamassas de Construção da APFAC, Lisboa. 2005.
- [29] Europeia, C., A Marcação CE dos Produtos da Construção passo a passo.
- [30] Santos Carlos Alberto Pina, d. and C. Matias Luís Manuel, Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios versão actualizada 2006. Informações Científicas e Técnicas. Vol. 1a ed. 2006, Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- [31] De Freitas, V.P., Manual de apoio ao projecto de reabilitação de edifícios antigos. 2012, Ordem dos Engenheiros da Região Norte, Porto.
- [32] EN, N., 13501-1: 2004—Classificação do desempenho face ao fogo de produtos e de elementos de construção—Parte 1: Classificação utilizando resultados de ensaios de reacção ao fogo. Lisboa (Portugal): Instituto Português da Qualidade (IPQ), 2004.
- [33] INTERNA, M., Portaria nº 1532/2008 de 29 de Dezembro: Regime jurídico de segurança contra incêndio em edifícios. Diário da República 2008.
- [34] Berthier, J., Diffusion de vapeur au travers des parois. Condensation, REEF, volume II Sciences du Bâtiment, Paris CSTB, 1980.
- [35] Freitas, V.d., et al., Edifícios existentes—Medidas de melhoria de desempenho energético e da qualidade do ar interior. ADENE—Agência para a Energia, 2011.
- [36] Curado, A.J.C., Conforto térmico e eficiência energética nos edifícios de habitação social reabilitados. 2014.

ANEXOS

ANEXO I – ESTRUTURA DA FICHA-TIPO



ANEXO II – APLICAÇÃO DA FICHA-TIPO PARA O INTERVALO DE ESPESSURAS [25;60] MM

ANEXO III – APLICAÇÃO DA FICHA-TIPO PARA O INTERVALO DE ESPESSURAS [65;120] MM

ANEXO IV – APLICAÇÃO DA FICHA-TIPO PARA O INTERVALO DE ESPESSURAS [130;200] MM

ANEXO I


ESTRUTURA DA FICHA-TIPO

MATERIAL DE ISOLAMENTO TÉRMICO										REFERÊNCIA																													
DESIGNAÇÃO					DESCRIÇÃO DO MATERIAL																																		
FAMÍLIA			FABRICANTE			NORMA																																	
RESISTÊNCIA TÉRMICA					CERTIFICAÇÕES DO PRODUTO																																		
<table><tr><td>e [mm]</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>R [m².°C/W]</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td colspan="8">Valor declarado da condutibilidade térmica - λD [W/m.°C]</td><td colspan="2"></td></tr></table>					e [mm]									R [m².°C/W]									Valor declarado da condutibilidade térmica - λD [W/m.°C]										<div><div>CE</div><div><div>Producto Certificado Aislante Térmico</div></div><div></div></div> <div><div><input type="checkbox"/></div><div><input type="checkbox"/></div><div><input type="checkbox"/></div></div>						
e [mm]																																							
R [m².°C/W]																																							
Valor declarado da condutibilidade térmica - λD [W/m.°C]																																							
EXIGÊNCIA	ENSAIOS		OBSERVAÇÕES		RESULTADOS	VALORES DE REFERÊNCIA	CUMPRE		NÍVEL																														
I	(d5 - d10) / d5		(média das 5 medições)			≤ 0,25	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	I1 <input type="checkbox"/>																															
			(para cada medição)			≤ 0,35																																	
	Classe de compressibilidade da camada de isolamento térmico sob betonilha, pavimento flutuante ou revestimento cerâmico					SC2b	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	I2 <input type="checkbox"/>																															
						SC2a	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	I3 <input type="checkbox"/>																															
						SC1b	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	I4 <input type="checkbox"/>																															
						SC1a	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	I5 <input type="checkbox"/>																															
S	$ \Delta\epsilon _{23^{\circ}\text{C}} + \Delta\epsilon _{30 \text{ a } 90\% \text{ HR}}$		$ \Delta\epsilon _{23^{\circ}\text{C}}$			≤ 0,01 [m/m]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	S1 <input type="checkbox"/>																															
			$ \Delta\epsilon _{30 \text{ a } 90\% \text{ HR}}$																																				
	$G \cdot \Delta\epsilon _{23^{\circ}\text{C}} \cdot d$		$ \Delta\epsilon _{48\text{h a } 70^{\circ}\text{C}}$			≤ 400 [Pa.m]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	S2 <input type="checkbox"/>																															
	$ \Delta\epsilon _{48\text{h a } 70^{\circ}\text{C}}$		G			≤ 0.004 [m/m]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	S3 <input type="checkbox"/>																															
	$(50 \cdot \alpha + \Delta\epsilon _{48\text{h a } 70^{\circ}\text{C}} + \Delta\epsilon _{30 \text{ a } 90\% \text{ HR}}) \cdot G$		d			≤ 15 x 103 [Pa]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	S4 <input type="checkbox"/>																															
			α																																				
	$ \Delta\epsilon _{48\text{h a } 70^{\circ}\text{C}}$		Se dimensões do produto ≤ 500 x 500 mm2			≤ 0.003 [m/m]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	S5 <input type="checkbox"/>																															
	$ \Delta\epsilon _{23^{\circ}\text{C}}$		Se dimensões do produto > 500 x 500 mm2			≤ 0,0015 [m/m]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>																																
$ \Delta\epsilon _{48\text{h a } 70^{\circ}\text{C}}$					≤ 0,0025 [m/m]																																		
O	Δd/d					< 7,5 [%]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	O1 <input type="checkbox"/>																															
	E _p					< 15 [%]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>																																
	E _v					< 1,5 [%]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>																																
	W _p					< 1,0 [Kg/m²]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	O2 <input type="checkbox"/>																															
						< 2,0 [Kg/m²]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	O3 <input type="checkbox"/>																															

MATERIAL DE ISOLAMENTO TÉRMICO							REFERÊNCIA
DESIGNAÇÃO				DESCRIÇÃO DO MATERIAL			
FAMÍLIA		FABRICANTE		NORMA			
EXIGÊNCIA	ENSAIOS	OBSERVAÇÕES		RESULTADOS	VALORES DE REFERÊNCIA	CUMPRE	NÍVEL
L	F _m	P			> P [N]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	L1 <input type="checkbox"/>
	d				≤ 0,12 [m]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	L2 <input type="checkbox"/>
	r _{mt}				> 50 [KPa]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	L3 <input type="checkbox"/>
					> 120 [KPa]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	
					> 150 [KPa]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	
					> 180 [KPa]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	L4 <input type="checkbox"/>
E	R _d			R _d ≤ 0,44	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	E1 <input type="checkbox"/>	
	P _e			P _e ≥ 2,27			
	S _d			S _d ≤ 0,3			
	R _d			0,44 < R _d ≤ 2,22	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	E2 <input type="checkbox"/>	
	P _e			0,45 ≤ P _e < 2,27			
	S _d			0,3 < S _d ≤ 1,5			
	R _d			2,22 < R _d ≤ 8,85	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	E3 <input type="checkbox"/>	
	P _e			0,113 ≤ P _e < 0,45			
	S _d			1,5 < S _d ≤ 6			
	R _d			8,85 < R _d ≤ 133	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	E4 <input type="checkbox"/>	
	P _e			0,0075 ≤ P _e < 0,113			
	S _d			6 < S _d ≤ 90			
	R _d			R _d > 133	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	E5 <input type="checkbox"/>	
	P _e			P _e < 0,0075			
	S _d			S _d > 90			
EXIGÊNCIA	ENSAIOS	OBSERVAÇÕES		RESULTADOS	VALORES DE REFERÊNCIA	CUMPRE	
F					(*)	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	
(*) Comparar com quadros do manual de seleção exigencial para cada solução específica							

ANEXO II

APLICAÇÃO DA FICHA-TIPO PARA O INTERVALO DE ESPESSURAS [25;60] MM

MATERIAL DE ISOLAMENTO TÉRMICO											REFERÊNCIA																					
											001																					
DESIGNAÇÃO						DESCRIÇÃO DO MATERIAL																										
CORKISOL						Solução com elevado desempenho no isolamento térmico e acústico e compatível com diversas aplicações																										
FAMÍLIA			FABRICANTE			NORMA																										
Aglomerado de Cortiça expandida			Amorim Isolamentos, SA			NF EN 13170:2013																										
RESISTÊNCIA TÉRMICA						CERTIFICAÇÕES DO PRODUTO																										
<table><tr><td>e [mm]</td><td>25</td><td>30</td><td>35</td><td>40</td><td>45</td><td>50</td><td>55</td><td>60</td></tr><tr><td>R [m².°C/W]</td><td>0,60</td><td>0,75</td><td>0,85</td><td>1,00</td><td>1,10</td><td>1,25</td><td>1,35</td><td>1,50</td></tr></table> <table><tr><td>Valor declarado da condutibilidade térmica - λD [W/m.°C]</td><td>0,040</td></tr></table>						e [mm]	25	30	35	40	45	50	55	60	R [m².°C/W]	0,60	0,75	0,85	1,00	1,10	1,25	1,35	1,50	Valor declarado da condutibilidade térmica - λD [W/m.°C]	0,040	<div><div>CE</div><div><div>AENOR</div><div>Producto Certificado</div><div>Asiento térmico</div></div><div></div></div> <div><div><input checked="" type="checkbox"/></div><div><input type="checkbox"/></div><div><input checked="" type="checkbox"/></div></div>						
e [mm]	25	30	35	40	45	50	55	60																								
R [m².°C/W]	0,60	0,75	0,85	1,00	1,10	1,25	1,35	1,50																								
Valor declarado da condutibilidade térmica - λD [W/m.°C]	0,040																															
EXIGÊNCIA	ENSAIOS		OBSERVAÇÕES		RESULTADOS	VALORES DE REFERÊNCIA	CUMPRE		NÍVEL																							
I	(d5 - d10) / d5		(média das 5 medições)			≤ 0,25	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	I1 <input type="checkbox"/>																								
			(para cada medição)			≤ 0,35																										
	Classe de compressibilidade da subcamada de isolamento térmico					SC2b	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	I2 <input type="checkbox"/>																								
						SC2a	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	I3 <input checked="" type="checkbox"/>																								
						SC1b	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	I4 <input type="checkbox"/>																								
				SC1a	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	I5 <input type="checkbox"/>																										
S	Δε _{23°C} + Δε _{30 a 90% HR}		Δε _{23°C}			≤ 0,01 [m/m]	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	S1 <input type="checkbox"/>																								
			Δε _{30 a 90% HR}																													
	G · Δε _{23°C} · d		Δε _{48h a 70°C}			≤ 400 [Pa.m]	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	S2 <input type="checkbox"/>																								
	Δε _{48h a 70°C}		G			≤ 0.004 [m/m]	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	S3 <input checked="" type="checkbox"/>																								
	(50 · α + Δε _{48h a 70°C} + Δε _{30 a 90% HR}) · G		d			≤ 15 x 103 [Pa]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	S4 <input type="checkbox"/>																								
			α																													
	Δε _{48h a 70°C}		Se dimensões do produto ≤ 500 x 500 mm2			≤ 0.003 [m/m]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	S5 <input type="checkbox"/>																								
	Δε _{23°C}		Se dimensões do produto > 500 x 500 mm2			≤ 0,0015 [m/m]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>																									
Δε _{48h a 70°C}					≤ 0,0025 [m/m]																											
O	Δd/d					< 7,5 [%]	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	O1 <input type="checkbox"/>																								
	E _p					< 15 [%]	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>																									
	E _v					< 1,5 [%]	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>																									
	W _p					< 1,0 [Kg/m²]	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	O2 <input checked="" type="checkbox"/>																								
						< 2,0 [Kg/m²]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	O3 <input type="checkbox"/>																								

MATERIAL DE ISOLAMENTO TÉRMICO							REFERÊNCIA
							001

DESIGNAÇÃO				DESCRIÇÃO DO MATERIAL			
CORKISOL				Solução com elevado desempenho no isolamento térmico e acústico e compatível com diversas aplicações			
FAMÍLIA		FABRICANTE		NORMA			
Aglomerado de Cortiça expandida		Amorim Isolamentos, SA		NF EN 13170:2013			

EXIGÊNCIA	ENSAIOS	OBSERVAÇÕES		RESULTADOS	VALORES DE REFERÊNCIA	CUMPRE	NÍVEL
L	F _m	P			> P [N]	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	L1 <input type="checkbox"/>
	d				≤ 0,12 [m]	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	L2 <input type="checkbox"/>
	r _{mt}				> 50 [KPa]	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	L3 <input checked="" type="checkbox"/>
					> 120 [KPa]	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	
					> 150 [KPa]	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	
					> 180 [KPa]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	L4 <input type="checkbox"/>


E	R _d			R _d ≤ 0,44	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	E1 <input type="checkbox"/>
	P _e			P _e ≥ 2,27		
	S _d			S _d ≤ 0,3		
	R _d			0,44 < R _d ≤ 2,22	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	E2 <input checked="" type="checkbox"/>
	P _e			0,45 ≤ P _e < 2,27		
	S _d			0,3 < S _d ≤ 1,5		
	R _d			2,22 < R _d ≤ 8,85	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	E3 <input type="checkbox"/>
	P _e			0,113 ≤ P _e < 0,45		
	S _d			1,5 < S _d ≤ 6		
	R _d			8,85 < R _d ≤ 133	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	E4 <input type="checkbox"/>
	P _e			0,0075 ≤ P _e < 0,113		
	S _d			6 < S _d ≤ 90		
	R _d			R _d > 133	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	E5 <input type="checkbox"/>
	P _e			P _e < 0,0075		
	S _d			S _d > 90		

EXIGÊNCIA	ENSAIOS	OBSERVAÇÕES	RESULTADOS	VALORES DE REFERÊNCIA	CUMPRE
F			E	(*)	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>

(*) Comparar com quadros do manual de seleção exigencial para cada solução específica

ANEXO III


APLICAÇÃO DA FICHA-TIPO PARA O INTERVALO DE ESPESSURAS [65;120] MM

MATERIAL DE ISOLAMENTO TÉRMICO												REFERÊNCIA																									
												002																									
DESIGNAÇÃO						DESCRIÇÃO DO MATERIAL																															
CORKISOL						Solução com elevado desempenho no isolamento térmico e acústico e compatível com diversas aplicações																															
FAMÍLIA				FABRICANTE				NORMA																													
Aglomerado de Cortiça expandida				Amorim Isolamentos, SA				NF EN 13170:2013																													
RESISTÊNCIA TÉRMICA						CERTIFICAÇÕES DO PRODUTO																															
<table><tr><td>e [mm]</td><td>65</td><td>70</td><td>75</td><td>80</td><td>85</td><td>90</td><td>95</td><td>100</td><td>110</td><td>120</td></tr><tr><td>R [m².°C/W]</td><td>1,60</td><td>1,75</td><td>1,85</td><td>2,00</td><td>2,10</td><td>2,25</td><td>2,35</td><td>2,50</td><td>2,75</td><td>3,00</td></tr></table> <table><tr><td>Valor declarado da condutibilidade térmica - λD [W/m.°C]</td><td>0,040</td></tr></table>						e [mm]	65	70	75	80	85	90	95	100	110	120	R [m².°C/W]	1,60	1,75	1,85	2,00	2,10	2,25	2,35	2,50	2,75	3,00	Valor declarado da condutibilidade térmica - λD [W/m.°C]	0,040	<div><div>CE</div><div><div>AENOR</div><div>Producto Certificado</div><div>Asistencia Técnica</div></div><div></div></div> <div><div><input checked="" type="checkbox"/></div><div><input type="checkbox"/></div><div><input checked="" type="checkbox"/></div></div>							
e [mm]	65	70	75	80	85	90	95	100	110	120																											
R [m².°C/W]	1,60	1,75	1,85	2,00	2,10	2,25	2,35	2,50	2,75	3,00																											
Valor declarado da condutibilidade térmica - λD [W/m.°C]	0,040																																				
EXIGÊNCIA	ENSAIOS		OBSERVAÇÕES		RESULTADOS	VALORES DE REFERÊNCIA	CUMPRE		NÍVEL																												
I	(d5 - d10) / d5		(média das 5 medições)			≤ 0,25	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	I1 <input type="checkbox"/>																													
			(para cada medição)			≤ 0,35																															
	Classe de compressibilidade da subcamada de isolamento térmico					SC2b	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	I2 <input type="checkbox"/>																													
						SC2a	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	I3 <input checked="" type="checkbox"/>																													
						SC1b	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	I4 <input type="checkbox"/>																													
				SC1a	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	I5 <input type="checkbox"/>																															
S	Δε _{23°C} + Δε _{30 a 90% HR}		Δε _{23°C}			≤ 0,01 [m/m]	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	S1 <input checked="" type="checkbox"/>																													
			Δε _{30 a 90% HR}																																		
	G · Δε _{23°C} · d		Δε _{48h a 70°C}			≤ 400 [Pa.m]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	S2 <input type="checkbox"/>																													
	Δε _{48h a 70°C}		G			≤ 0.004 [m/m]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	S3 <input type="checkbox"/>																													
	(50 · α + Δε _{48h a 70°C} + Δε _{30 a 90% HR}) · G		d			≤ 15 x 103 [Pa]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	S4 <input type="checkbox"/>																													
			α																																		
	Δε _{48h a 70°C}		Se dimensões do produto ≤ 500 x 500 mm2			≤ 0.003 [m/m]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	S5 <input type="checkbox"/>																													
Δε _{23°C}		Se dimensões do produto > 500 x 500 mm2			≤ 0,0015 [m/m]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>																															
Δε _{48h a 70°C}					≤ 0,0025 [m/m]																																
O	Δd/d					< 7,5 [%]	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	O1 <input type="checkbox"/>																													
	E _p					< 15 [%]	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>																														
	E _v					< 1,5 [%]	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>																														
	W _p					< 1,0 [Kg/m²]	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	O2 <input checked="" type="checkbox"/>																													
						< 2,0 [Kg/m²]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	O3 <input type="checkbox"/>																													

MATERIAL DE ISOLAMENTO TÉRMICO							REFERÊNCIA
							002
DESIGNAÇÃO				DESCRIÇÃO DO MATERIAL			
CORKISOL				Solução com elevado desempenho no isolamento térmico e acústico e compatível com diversas aplicações			
FAMÍLIA		FABRICANTE		NORMA			
Aglomerado de Cortiça expandida		Amorim Isolamentos, SA		NF EN 13170:2013			
EXIGÊNCIA	ENSAIOS	OBSERVAÇÕES		RESULTADOS	VALORES DE REFERÊNCIA	CUMPRE	NÍVEL
L	F _m	P			> P [N]	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	L1 <input type="checkbox"/>
	d				≤ 0,12 [m]	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	L2 <input type="checkbox"/>
	r _{mt}				> 50 [KPa]	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	L3 <input checked="" type="checkbox"/>
					> 120 [KPa]	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	
					> 150 [KPa]	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	
					> 180 [KPa]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	L4 <input type="checkbox"/>
E	R _d			R _d ≤ 0,44	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	E1 <input type="checkbox"/>	
	P _e			P _e ≥ 2,27			
	S _d			S _d ≤ 0,3			
	R _d			0,44 < R _d ≤ 2,22	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	E2 <input checked="" type="checkbox"/>	
	P _e			0,45 ≤ P _e < 2,27			
	S _d			0,3 < S _d ≤ 1,5			
	R _d			2,22 < R _d ≤ 8,85	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	E3 <input type="checkbox"/>	
	P _e			0,113 ≤ P _e < 0,45			
	S _d			1,5 < S _d ≤ 6			
	R _d			8,85 < R _d ≤ 133	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	E4 <input type="checkbox"/>	
	P _e			0,0075 ≤ P _e < 0,113			
	S _d			6 < S _d ≤ 90			
	R _d			R _d > 133	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	E5 <input type="checkbox"/>	
	P _e			P _e < 0,0075			
	S _d			S _d > 90			
EXIGÊNCIA	ENSAIOS	OBSERVAÇÕES		RESULTADOS	VALORES DE REFERÊNCIA	CUMPRE	
F				E	(*)	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	
(*) Comparar com quadros do manual de seleção exigencial para cada solução específica							

ANEXO IV

APLICAÇÃO DA FICHA-TIPO PARA O INTERVALO DE ESPESSURAS [130;200] MM

MATERIAL DE ISOLAMENTO TÉRMICO											REFERÊNCIA																					
											003																					
DESIGNAÇÃO						DESCRIÇÃO DO MATERIAL																										
CORKISOL						Solução com elevado desempenho no isolamento térmico e acústico e compatível com diversas aplicações																										
FAMÍLIA			FABRICANTE			NORMA																										
Aglomerado de Cortiça expandida			Amorim Isolamentos, SA			NF EN 13170:2013																										
RESISTÊNCIA TÉRMICA						CERTIFICAÇÕES DO PRODUTO																										
<table><tr><td>e [mm]</td><td>130</td><td>140</td><td>150</td><td>160</td><td>170</td><td>180</td><td>190</td><td>200</td></tr><tr><td>R [m²·°C/W]</td><td>3,25</td><td>3,50</td><td>3,75</td><td>4,00</td><td>4,25</td><td>4,50</td><td>4,75</td><td>5,00</td></tr></table> <table><tr><td>Valor declarado da condutibilidade térmica - λD [W/m·°C]</td><td>0,040</td></tr></table>						e [mm]	130	140	150	160	170	180	190	200	R [m²·°C/W]	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	Valor declarado da condutibilidade térmica - λD [W/m·°C]	0,040	<div><div>CE</div><div><div>AENOR</div><div>Producto Certificado</div><div>Asistencia Técnica</div></div><div></div></div> <div><div><input checked="" type="checkbox"/></div><div><input type="checkbox"/></div><div><input checked="" type="checkbox"/></div></div>						
e [mm]	130	140	150	160	170	180	190	200																								
R [m²·°C/W]	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00																								
Valor declarado da condutibilidade térmica - λD [W/m·°C]	0,040																															
EXIGÊNCIA	ENSAIOS		OBSERVAÇÕES		RESULTADOS	VALORES DE REFERÊNCIA	CUMPRE		NÍVEL																							
I	(d5 - d10) / d5		(média das 5 medições)			≤ 0,25	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	I1 <input type="checkbox"/>																								
			(para cada medição)			≤ 0,35																										
	Classe de compressibilidade da subcamada de isolamento térmico					SC2b	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	I2 <input type="checkbox"/>																								
						SC2a	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	I3 <input checked="" type="checkbox"/>																								
						SC1b	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	I4 <input type="checkbox"/>																								
				SC1a	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	I5 <input type="checkbox"/>																										
S	Δε _{23°C} + Δε _{30 a 90% HR}		Δε _{23°C}			≤ 0,01 [m/m]	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	S1 <input checked="" type="checkbox"/>																								
			Δε _{30 a 90% HR}																													
	G · Δε _{23°C} · d		Δε _{48h a 70°C}			≤ 400 [Pa.m]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	S2 <input type="checkbox"/>																								
	Δε _{48h a 70°C}		G			≤ 0.004 [m/m]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	S3 <input type="checkbox"/>																								
	(50 · α + Δε _{48h a 70°C} + Δε _{30 a 90% HR}) · G		d			≤ 15 x 103 [Pa]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	S4 <input type="checkbox"/>																								
			α																													
	Δε _{48h a 70°C}		Se dimensões do produto ≤ 500 x 500 mm2			≤ 0.003 [m/m]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	S5 <input type="checkbox"/>																								
	Δε _{23°C}		Se dimensões do produto > 500 x 500 mm2			≤ 0,0015 [m/m]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>																									
Δε _{48h a 70°C}					≤ 0,0025 [m/m]																											
O	Δd/d					< 7,5 [%]	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	O1 <input type="checkbox"/>																								
	E _p					< 15 [%]	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>																									
	E _v					< 1,5 [%]	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>																									
	W _p					< 1,0 [Kg/m²]	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	O2 <input checked="" type="checkbox"/>																								
						< 2,0 [Kg/m²]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	O3 <input type="checkbox"/>																								

MATERIAL DE ISOLAMENTO TÉRMICO							REFERÊNCIA
							003
DESIGNAÇÃO				DESCRIÇÃO DO MATERIAL			
CORKISOL				Solução com elevado desempenho no isolamento térmico e acústico e compatível com diversas aplicações			
FAMÍLIA		FABRICANTE		NORMA			
Aglomerado de Cortiça expandida		Amorim Isolamentos, SA		NF EN 13170:2013			
EXIGÊNCIA	ENSAIOS	OBSERVAÇÕES		RESULTADOS	VALORES DE REFERÊNCIA	CUMPRE	NÍVEL
L	F _m	P			> P [N]	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	L1 <input type="checkbox"/>
	d				≤ 0,12 [m]	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	L2 <input checked="" type="checkbox"/>
	r _{mt}				> 50 [KPa]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	L3 <input type="checkbox"/>
					> 120 [KPa]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	
					> 150 [KPa]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	
					> 180 [KPa]	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	L4 <input type="checkbox"/>
E	R _d			R _d ≤ 0,44	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	E1 <input type="checkbox"/>	
	P _e			P _e ≥ 2,27			
	S _d			S _d ≤ 0,3			
	R _d			0,44 < R _d ≤ 2,22	Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	E2 <input checked="" type="checkbox"/>	
	P _e			0,45 ≤ P _e < 2,27			
	S _d			0,3 < S _d ≤ 1,5			
	R _d			2,22 < R _d ≤ 8,85	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	E3 <input type="checkbox"/>	
	P _e			0,113 ≤ P _e < 0,45			
	S _d			1,5 < S _d ≤ 6			
	R _d			8,85 < R _d ≤ 133	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	E4 <input type="checkbox"/>	
	P _e			0,0075 ≤ P _e < 0,113			
	S _d			6 < S _d ≤ 90			
	R _d			R _d > 133	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	E5 <input type="checkbox"/>	
	P _e			P _e < 0,0075			
	S _d			S _d > 90			
EXIGÊNCIA	ENSAIOS	OBSERVAÇÕES		RESULTADOS	VALORES DE REFERÊNCIA	CUMPRE	
F				E	(*)	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	
(*) Comparar com quadros do manual de seleção exigencial para cada solução específica							